This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

A 446669 DUPL

LIBRARY

OF THE

Ordnance Office,

U. S. ARMY,

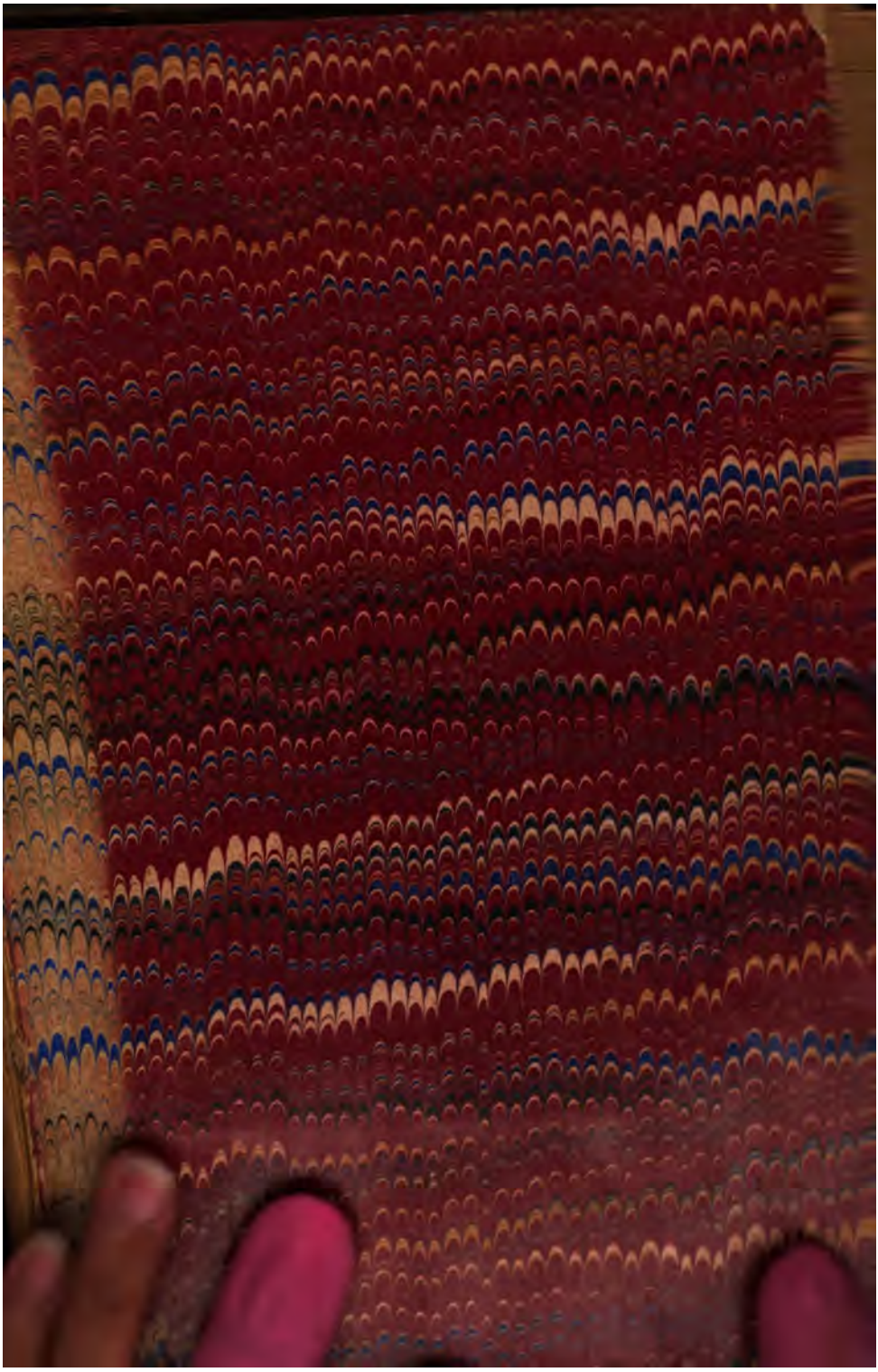
WASHINGTON, D. C.

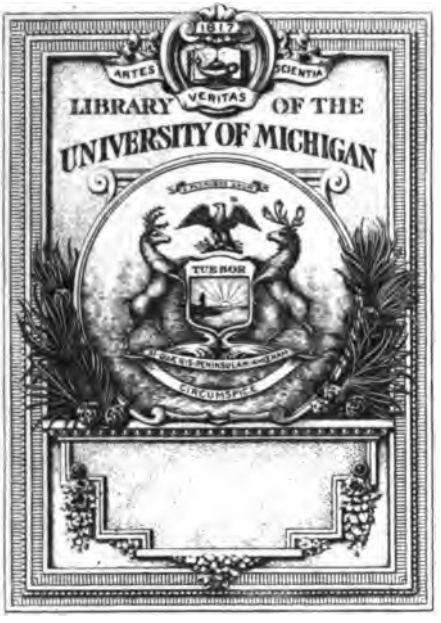
Executive Building, Cor. 17th and F Sts.

LIBRARY OF CONGRESS
APR 20 1941
DUPLICATE
EXCHANGE

ROOM.	CASE.	SHELF.	NO.

☞ PLEASE RETURN THIS BOOK.





RECEIVED IN EXCHANGE
FROM
United States
Library of Congress

UF
1
.R45

REVUE

D'ARTILLERIE

REVUE

D'ARTILLERIE

E

LERIE

5 de chaque mois

JITIÈME ANNÉE

D'

—

TOME XV

obre 1879 — Mars 1880)

T Cie, LIBRAIRES-ÉDITEURS

NANCY

RUE JEAN-LAMOUR. 11

79

REVUE

D'ARTILLERIE

Paraissant le 15 de chaque mois

HUITIÈME ANNÉE

—

TOME XV

(Octobre 1879 — Mars 1880)

BERGER-LEVRAULT ET Cie, LIBRAIRES-ÉDITEURS

PARIS
RUE DES BEAUX-ARTS, 5

NANCY
RUE JEAN-LAMOUR, 11

1879

Library of Congress
By transfer from
War Department.
OCT 15 1940

LIBRARY OF CONGRESS
APR 20 41
DUPLICATE
EXCHANGE

EXCHANGE
UNITED STATES
LIBRARY OF CONGRESS
MAY 19 '41

HISTORIQUE DES ÉTUDES

FAITES A CALAIS

SUR LES CANONS RAYÉS DE CAMPAGNE

TROISIÈME PARTIE.

[*Suite*] (1).

CHAPITRE III.

CANONS DE 90mm DE LAHITOLLE.

(PL. I.)

La dépêche du Ministre, du 16 décembre 1873, par laquelle l'ordre était donné au commandant de Lahitolle, alors en mission à la fonderie de la marine à Nevers, de construire 2 canons de 90mm, lui fut notifiée le 20 décembre par le président du comité.

On se rappelle que, conformément à l'avis formulé par le comité, dans la séance du 13 novembre 1873, pour le calibre de 90mm, calibre qui devait correspondre à la pièce lourde ou de réserve, l'ensemble de la voiture chargée ne devait pas dépasser le poids de 1 900 kil. C'était la seule condition imposée, le poids de la bouche à feu et la quantité de munitions transportées sur l'avant-train de la pièce pouvant varier très-notablement suivant le système d'affût que l'on adopterait.

Il fallait donc, non-seulement établir la bouche à feu et

(1) Voir *Revue d'artillerie : Introduction*, t. XII, p. 289, 393, 481 ; Première partie, t. XIII, p. 1, 113 ; Seconde partie, t. XIII, p. 321, 409, 505 ; t. XIV, p. 1 ; Troisième partie, t. XIV, p. 193.

ses différentes sortes de projectiles, mais encore présenter un affût et un avant-train complets, pourvus de tous leurs armements et accessoires, afin que l'on pût apprécier, en même temps que les qualités balistiques de la pièce, la valeur pratique de l'ensemble du système au point de vue du service de l'artillerie en campagne considéré sous ses différents aspects.

Mettant à profit la grande latitude qui lui était laissée pour la fixation des divers éléments, le commandant de Lahitolle se décida à ne construire qu'un seul canon de réserve, et à utiliser la seconde pièce qu'il devait présenter pour l'étude d'un canon divisionnaire également du calibre de 90^{mm}, étude qu'il entreprit, en collaboration avec le commandant Florentin, qui faisait aussi partie de la mission envoyée à Nevers.

Ces deux officiers supérieurs étaient pénétrés de cette idée, qu'un canon du calibre de 90^{mm} devait pouvoir être employé, non pas seulement dans les réserves, mais pour l'armement de la presque totalité de l'artillerie de campagne ou de bataille ; un canon léger de calibre plus faible n'était nécessaire que pour le service des batteries à cheval. Le projet de cette pièce de campagne leur avait été inspiré en partie par les résultats remarquables, surtout au point de vue de la solidité et de la légèreté de la bouche à feu, que l'on avait obtenus à Gâvres [1] avec un canon de 7 de Reffye en acier, transformé en canon de 90^{mm} par le colonel Maillard, directeur de la fonderie de Nevers.

Ils avaient été confirmés dans cette opinion par les quelques renseignements que l'on possédait alors sur le nouveau matériel de campagne allemand, modèle 1873. Celui-ci, en effet, ne comprenait, à proprement parler, que des pièces d'un seul calibre destinées à armer aussi bien les batteries divisionnaires que toutes celles de l'artillerie de corps, et ne comptait qu'un nombre très-restreint

---

[1] Voir *Mémorial de l'artillerie de la marine*. T. I, p. 107.

de pièces légères appelées uniquement à accompagner la cavalerie.

Le canon divisionnaire de 90^{mm} reçut le n° 1, tandis que le canon de réserve établi par le commandant de Lahitolle, pour répondre exactement aux conditions du programme, reçut le n° 2.

Le canon de 90^{mm} n° 1 faisait partie du système complet, pièce, affût et avant-train, proposé par les commandants de Lahitolle et Florentin comme artillerie de campagne. Il ne sera question ici que de la bouche à feu.

Le matériel sera étudié dans la cinquième partie relative aux affûts et voitures.

§ I. — Canon divisionnaire de 90^{mm} de Lahitolle et Florentin.

Le canon divisionnaire de 90^{mm}, dit n° 1, ainsi que le n° 2, furent fabriqués à la fonderie de Nevers, sous la surveillance des deux inventeurs; le colonel Maillard voulut bien concourir à ce travail, non-seulement en mettant à leur disposition les ressources de l'établissement qu'il dirigeait, mais aussi en les aidant de ses utiles conseils. La fabrication de ce canon précéda à Nevers celle des canons de 80^{mm}, dits du Président, dont il a déjà été question dans un des précédents chapitres.

Mode de construction du canon (fig. 1). — Cette bouche à feu se compose d'un corps de canon en acier Bessemer légèrement renforcé à la culasse et de cinq frettes en acier puddlé.

Le corps de canon, provenant de l'usine de MM. Petin et Gaudet, à Rive-de-Gier, avait été, suivant l'usage adopté par la marine, coulé, forgé et tourné extérieurement dans cet établissement. La fonderie de Nevers le reçut plein, lui fit subir les épreuves de réception réglementaires [1] dans l'artillerie de la marine, puis le trempa à l'huile.

[1] D'après le cahier des charges de la marine, les épreuves de traction auxquelles on devait soumettre un barreau trempé se résumaient alors ainsi qu'il suit :

Élasticité.	35 kil. au minimum;	
Rupture	60 id.	
Allongement avant la rupture.	2,5 p. 100 au minimum.	

Dans la pratique, pour la dernière de ces conditions, on restait d'ordinaire sensiblement au-dessus du minimum.

Les frettes, fabriquées d'après la méthode de l'enroulement et trempées à l'eau, furent envoyées complétement finies à la fonderie où elles subirent les épreuves réglementaires.

La fonderie termina l'usinage du corps du canon, acheva de le tourner extérieurement à la demande des frettes, en tenant compte du serrage, et mit les frettes en place.

D'après le mode de frettage adopté par le commandant de Lahitolle, cette opération dut se faire en plusieurs fois. On plaça d'abord les 3 frettes cylindriques et la frette-tourillon, en les introduisant par la volée ; puis on reporta le canon sur le tour afin de creuser en avant de la frette-tourillon le logement de l'anneau de calage dont le diamètre était inférieur de 0,6 millimètre au diamètre intérieur des autres frettes. En même temps, on tourna l'emplacement de la frette-culasse qui chevauche sur la frette cylindrique n° 1 et porte intérieurement un congé destiné à venir s'appuyer sur un arrondi de même forme ménagé sur le canon. La pièce ramenée alors au frettage reçut son anneau de calage et sa frette-culasse, cette dernière fut mise en place par l'arrière.

Le même mode de frettage, à quelques modifications près, a été également appliqué par le colonel Maillard, aux deux canons de 80^{mm} (dits du Président, type n° 3) dont la description a déjà été donnée [1].

Grain de lumière. — Le grain de lumière, en cuivre rouge, se visse par l'intérieur et sa base tronconique est refoulée dans son logement au moyen d'une presse hydraulique ; on enlève la partie qui dépasse à l'intérieur au moyen d'une fraise.

S'appuyant sur des expériences faites en Angleterre, les commandants de Lahitolle et Florentin placèrent le débouché de la lumière de manière que le feu fût mis à la cartouche en son point milieu. Cette disposition avait

---

[1] Voir *Revue d'artillerie*, juin 1879, t XIV, p. 211.

pour but de diminuer la tension des gaz dans la chambre à poudre.

Fermeture de culasse (fig. 2). — Le mécanisme de fermeture de culasse diffère fort peu, comme disposition générale, de celui des canons de campagne du système de Reffye.

La vis est lourde, grosse et courte. D'après le commandant de Lahitolle, une pareille vis présente les avantages suivants : sa masse diminue sa vitesse de percussion sur les filets de l'écrou ; sa grosseur facilite le nettoyage et la manœuvre. La masse de la vis est encore une condition de résistance, car, au moment de l'explosion de la charge, comme ce sont surtout les premiers filets qui reçoivent le choc, c'est par l'augmentation de son diamètre qu'on peut accroître l'étendue des surfaces en contact.

Le dernier filet de la vis se prolonge sur le secteur évidé du haut de manière à ne laisser que juste la place nécessaire au trajet de la vis-guide. Cette disposition avait pour but d'assurer la prise des filets de la culasse avec ceux de l'écrou lorsqu'on ferme la culasse, et d'éviter ainsi tout choc pouvant entraîner la déformation des angles des filets.

Il n'y a que deux vis-guides, le verrou joue le rôle de la troisième ; la coulisse correspondant au verrou porte donc à l'une de ses extrémités le repos et à l'autre la gâche du verrou. Le jeu du verrou est du reste exactement le même que dans les canons de Reffye.

L'emploi d'un linguet de sûreté, disposé sur la tranche de culasse pour empêcher le dévirage, a obligé à adopter pour la manivelle et la poignée une disposition différente de celle adoptée par le colonel de Reffye, mais la manœuvre est exactement la même. Le linguet se soulève automatiquement quand on tourne la poignée de façon à visser la culasse et retombe ensuite dans son logement. Quand on veut ouvrir la culasse, il faut le soulever à la main.

Obturation. — L'obturateur, du système de Bange, fait corps avec la culasse mobile. La vis de culasse est percée dans toute sa longueur d'un canal cylindrique; dans ce

canal cylindrique peut et doit tourner librement la tige de la tête mobile; une vis-goujon d'une seule pièce en limite les déplacements longitudinaux.

Le canal central traversant la vis de part en part, on peut, dans le cas où cela serait nécessaire, dégager la tête mobile à l'aide d'un repoussoir en bois.

Le logement du volet est pris tout entier dans la partie arrière de la frette-culasse, et la partie antérieure de ce logement est constituée par la tranche postérieure du tube ou corps de canon.

Hausse et guidon. — La hausse, semblable à celle des canons de 5 et de 7, est placée sur le côté gauche de la pièce.

Le tourillon gauche porte un guidon Broca.

Tracé intérieur. — Le logement de l'obturateur est légèrement tronconique. La chambre à poudre, d'un fort diamètre relativement à l'âme (100 mill.), est, comme dans les autres canons présentés par le commandant de Lahitolle [1], reliée à l'âme par deux troncs de cône (fig. 3), dont un, celui qui est le plus en avant, sert de logement au projectile.

En ce qui concerne l'organisation des rayures, les enseignements fournis par le tir des derniers canons de la Commission d'étude du Dépôt central avaient été mis à profit. Elles sont au nombre de 32, leur profondeur est de $0^{mm},6$ et la largeur des cloisons de $3^{mm},5$.

L'inclinaison finale correspond à un pas de 30 calibres.

Projectiles. — Les auteurs du projet firent essayer deux modèles d'obus ordinaire.

Le premier, désigné sous le nom d'obus modèle A (fig. 4) ne pesait que $6^{k},500$; il avait 2,5 calibres de longueur. Il se rapprochait par ses dimensions des obus de l'artillerie de la marine. Il devait être tiré avec une vitesse de 500 mètres.

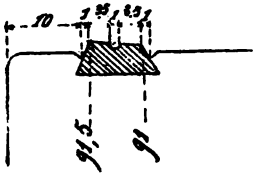
Relativement à ce modèle, le poids du canon eût été de 76 fois celui du projectile.

---

[1] Voir *Revue d'artillerie*, juin 1879, t. XIV, p. 213.

Le second projectile, dit modèle D (fig. 5), pesait 8 kil.; il avait 2,9 calibres de longueur, et se rapprochait comme forme générale de l'obus de Lahitolle de 75^{mm}. Relativement à ce modèle d'obus, auquel on donna la préférence à la suite des expériences, le poids du canon n'était que de 62 fois celui du projectile.

Ces deux modèles d'obus présentaient intérieurement des cannelures longitudinales. Le profil de la ceinture était celui qui est indiqué par le croquis ci-joint.



Un obus à double paroi et un obus à la fois à double paroi et à balles, destinés au tir de cette pièce, furent présentés en même temps ; c'était la première fois que l'on avait à essayer à Calais des projectiles de ce genre.

§ II. — Canons de 90^{mm} de réserve.

La pièce de réserve qui portait le n° 2 (fig. 6) avait été établie exactement d'après les mêmes principes que le canon n° 1, seulement ses dimensions avaient été calculées de façon à lui assurer une résistance et une puissance d'effets plus considérables.

Ainsi le frettage s'étendait plus loin vers la volée ; il y avait une frette de plus.

Le diamètre du noyau de la vis avait été augmenté de 8 millimètres.

Les rayures avaient 0^{mm},8 de profondeur.

L'inclinaison finale correspondait à un pas de 28 calibres.

Les projectiles étaient les mêmes.

Dans les conditions où elle avait été établie, cette bouche à feu pesait 78 fois le poids de l'obus de 8 kil.

Dimensions principales des canons de 90mm de Lahitolle.

CANON DE 90mm.			N° 1 divisionnaire.	N° 2 de réserve.
Diamètre de l'âme	sur les cloisons	millim.	90	90
	au fond des rayures	id.	91,2	91,6
Longueur d'âme depuis la partie antérieure de la tête mobile		id.	1 966	2 266
Longueur d'âme depuis la partie antérieure de la tête mobile		calibr.	21,86	25,17
Chambre à poudre.	Longueur	millim.	177	243
	Diamètre	id.	100	100
Cône de raccordement de la chambre à poudre et de la chambre à obus.	Longueur	id.	50	50
	Diamètre à l'arrière	id.	100	100
	Diamètre à l'avant	id.	92	92
Chambre à obus.	Longueur totale	id.	110	110
	Longueur de la partie lisse	id.	44	22
Longueur de la partie rayée		millim.	1 714	1 951
Longr d'âme parcourue par le projectile	théoriquement	id.	1 772,5	1 988
	pratiquement (environ)	id.	1 798	»
Longr d'âme parcourue par le projectile	théoriquement	calibr.	19,7	»
	pratiquement (environ)	id.	19,9	»
Rayures	Nombre		32	32
	Pas des rayures à la bouche	m.	2,69	2,55
	Id. id.	calibr.	30	28
	Inclinaison initiale		1°36'	1°23'
	Inclinaison finale		6°	6°20'
	Profondeur des rayures	millim.	0,6	0,8
	Largeur des cloisons	id.	3,5	3,5
Longueur totale du canon de la tranche de culasse à la tranche de la bouche		id.	2 200	2 500
Poids total du canon avec fermeture		kil.	495	626
Poids du mécanisme de fermeture		id.	»	»
Prépondérance de culasse			17	13
Ceinture de forcement du projectile.	Diamètre maximum	millim.	91,5	
	Hauteur	id.	10	
	Distance au culot	id.	15	
Diamètre	de la partie cylindrique de l'obus	id.	83,5	
	du renflement	id.	89,5	
Obus modèle A.	Longueur du projectile	millim.	229	
	Id. id.	calibr.	2,5	
	Épaisseur de la paroi	millim.	16	
	Épaisseur du culot	id.	20	
	Poids du projectile chargé	kil.	6,5	
	Poids de la charge intérieure, poudre C_1	gramm.	380	
Obus modèle D.	Longueur du projectile	millim.	252,5	
	Id. id.	calibr.	2,9	
	Épaisseur de la paroi	millim.	21	
	Épaisseur du culot	id.	21	
	Poids du projectile chargé	kil.	8,00	
	Poids de la charge intérieure, poudre C_1	gramm.	310	

§ III. — Résultat des expériences.

Lorsque les deux bouches à feu arrivèrent à Calais au commencement du mois d'août 1874, l'affût destiné au canon divisionnaire n'était pas encore construit; néanmoins la bouche à feu fut immédiatement mise en essai.

Canon n° 1 (*divisionnaire*). — La poudre A_f (C_1) avait été désignée à priori pour le tir du canon de 90^{mm} n° 1, c'était celle que la Commission de Calais considérait comme devant probablement servir pour toutes les pièces de campagne. On tira cependant dans la première séance, comparativement avec la poudre A_f (C_1), quelques coups avec la poudre A_s (C_2), parce que l'on pouvait craindre que la première fût trop brisante dans une bouche à feu du calibre de 90^{mm}, et n'y causât des dégradations.

L'expérience montra que la poudre A_f (C_1) pouvait servir à la pièce de 90^{mm}, et qu'elle donnait à l'obus modèle D de 8 kil. la même vitesse que la poudre A_s (C_2) avec une charge moindre de 100 grammes. Les deux poudres fournirent des résultats aussi réguliers l'une que l'autre.

On adopta donc définitivement la charge de 1400 grammes de poudre A_f (C_1) qui donnait au projectile de 8 kil. une vitesse initiale de 448^m,2. Le calcul, au moyen de la formule de M. Sarrau et en tenant compte de la densité de chargement, avait donné 450 mètres.

En accordant ainsi la préférence à la poudre A_f (C_1), la Commission de Calais faisait remarquer dans son rapport que la poudre A_s (C_2) n'aurait pu être utilisée dans un canon de 80^{mm}, parce qu'elle n'y brûlerait pas assez complétement et qu'il serait difficile d'admettre que les canons de campagne ne se chargeraient pas tous avec une poudre unique.

Un tir comparatif fut également exécuté avec les obus modèle A et modèle D. On donna la préférence à ce dernier modèle, le premier, d'un poids trop faible, fut presque aussitôt mis de côté.

Le 27 août 1874, dans le but de s'assurer de la résistance des projectiles présentés par le commandant de Lahitolle, on exécuta un tir contre les maçonneries du fort Nieulay composées d'un soubassement revêtu en pierres de taille et d'une partie supérieure en briques.

La pièce fut placée à 20 mètres du mur environ, dans une direction perpendiculaire ; la vitesse restante dont le projectile était animé au moment où il frappait le mur, était d'environ 444^{m},6. L'expérience montra que l'obus modèle D résistait bien, et pouvait être tiré efficacement, même contre la fortification ordinaire.

L'éclatement au repos donna les résultats suivants :

CHARGE INTÉRIEURE de poudre Af (C_1).	OBUS A			OBUS D		
	380 grammes chambre pleine.	342 grammes.	304 grammes.	310 grammes chambre pleine.	279 grammes.	248 grammes.
Gros éclats (au-dessus de 200 grammes)	9,5	8,0	10,5	13,5	13,0	12,5
Moyens éclats (entre 200 et 50 grammes)	12,5	12,0	6,0	13,5	7,0	5,5
Petits (au-dessous de 50 grammes)	1,0	1,0	2,0	2,5	2,5	0,5
Total.	23	21	18,5	29,5	22,5	18,5

Le culot de l'obus A resta toujours entier, celui de l'obus D, même à la plus petite charge, fut divisé en 3 morceaux.

Le tableau suivant permet d'apprécier la justesse du canon n° 1.

DISTANCE.	ÉCARTS MOYENS	
	en portée.	en direction.
1000	10,6	0,20
2000	14,0	0,71
3000	17,8	1,65
4000	22,8	2,98
5000	29,8	4,90

Les tirs qui furent exécutés avec les obus à double paroi et les obus à balles, également présentés par le commandant de Lahitolle, feront l'objet d'un chapitre spécial.

De même, les essais auxquels donna lieu, au mois de septembre, le matériel divisionnaire (affût et avant-train) qui devait accompagner la pièce, seront traités dans la partie relative aux études sur le matériel.

Les expériences sur la pièce n° 1 furent prolongées jusqu'au mois de janvier 1875 ; elles prouvèrent de plus en plus la complète résistance de la bouche à feu et de l'affût.

La seule dégradation qui fut constatée sur la pièce fut une petite fissure en avant du logement du grain de lumière. Cette dégradation, qui s'était produite sur presque toutes les pièces en acier déjà essayées, resta longtemps stationnaire et ne parut présenter aucun danger. La pièce avait tiré 1415 coups et l'affût 1136, lorsque la Commission établit son rapport définitif.

Dès le 28 août 1874, le président de la Commission de Calais, dans un rapport sommaire adressé au président du Comité, caractérisait la situation en ces termes :

« ..... La pièce qui est soumise à l'examen de la Com-« mission n'est point une pièce d'étude destinée à recher-« cher des conditions meilleures.

« Elle ne présente rien de nouveau.

« Elle n'est que le résumé, le reflet ou la condensation « très-habile et fort intelligente de tous les travaux anté-« rieurs » et, ajoutait-il dans ses conclusions, « paraît ré-« pondre aux besoins du moment. »

Le président du Comité, après avoir examiné pendant plusieurs jours, avec le plus grand soin, la pièce de campagne de 90^{mm} n° 1, demanda au Ministre la construction de 2 batteries divisionnaires de ce calibre pour procéder à des essais plus étendus devant donner sécurité absolue pour l'avenir. Une dépêche officielle du 14 octobre ayant modifié un premier ordre approbatif du 12 octobre, le Président de la République, accompagné du Ministre de la

guerre, du président du Comité et du chef du service de l'artillerie au Ministère, se rendit à Calais le 19 octobre pour tout examiner sur place. Après une discussion approfondie de la question, il fut décidé qu'on construirait de suite 2 batteries divisionnaires de 90^{mm} en acier d'après le type du canon n° 1. Cette décision du Président de la République ne fut pas mise alors à exécution et ce n'est que beaucoup plus tard, au mois de mai 1875, que cette question de la construction de batteries de canons de campagne de 90^{mm} en acier, pour des essais en grand, fut reprise de nouveau et menée cette fois à bonne fin.

Canon n° 2, de réserve. — En présence des résultats obtenus avec le canon de 90^{mm} divisionnaire, et de la décision prise par le Président de la République, les essais du canon n° 2 n'avaient plus la même importance. Quoique ses qualités balistiques fussent encore supérieures à celles du canon n° 1, il avait par rapport à lui, au point de vue de la mobilité, une infériorité marquée comme canon de bataille, sans que cette infériorité fût compensée par une puissance d'effets beaucoup plus considérable.

Au reste, du moment que l'on paraissait décidé à adopter le calibre de 90^{mm}, pour le canon de bataille, il n'y avait plus lieu de conserver comme pièce de réserve une bouche à feu du même calibre. Aussi, le commandant de Lahitolle, en même temps qu'il avait reçu l'ordre de faire construire 2 batteries de 90^{mm} divisionnaires, avait-il été invité à présenter sans délai un nouveau modèle de canon de réserve du calibre de 95^{mm}, lançant un projectile de 10 à 11 kil., ainsi qu'une bouche à feu légère du calibre de 80^{mm}, avec projectile de 6 kil., destinée à la cavalerie.

Si les résultats donnés par ces pièces étaient satisfaisants, les canons de 90^{mm} et de 80^{mm} remplaceraient respectivement les pièces de 7 et de 5 alors en service.

Le Ministre mit immédiatement en commande les pièces de 95^{mm}, afin de renforcer tout d'abord le matériel existant.

CHAPITRE IV.

CANONS DU SYSTÈME DE BANGE.

(PL. II.)

Le capitaine de Bange, directeur de l'atelier de précision au Dépôt central, devait, d'après l'ordre du 16 décembre 1873, construire 4 canons de 78^{mm}, ou canons légers divisionnaires, et 2 canons de 90^{mm} de réserve.

Deux des canons de 78^{mm} devaient être établis pour affûts ordinaires, et les deux autres canons de ce calibre, ainsi que ceux de 90^{mm}, devaient être construits pour être montés sur des affûts à ressort du système proposé par le capitaine de Bange, et dont un premier modèle avait été essayé à Calais au mois de mars 1873. On cherchait alors à construire un affût très-léger, tout en étant suffisamment résistant pour pouvoir satisfaire aux exigences qu'imposaient les grandes vitesses données par les bouches à feu nouvelles.

Mais ces recherches n'ayant point abouti à une solution pratique de la question, le capitaine de Bange s'écarta un peu du programme qui lui avait été tracé, et fit construire, pour être tirés sur affûts ordinaires, non-seulement deux canons légers, mais aussi un canon de réserve. De plus, sur l'ordre du président du Comité, le calibre des pièces légères fut porté de 78 à 80^{mm}.

§ I. — Canons légers de 80^{mm}.

Les deux canons de 80^{mm} ne différaient entre eux que par le tracé de l'âme; on les avait désignés par les numéros 1 et 2.

Le capitaine de Bange avait donné la préférence aux aciers de nuance douce provenant de l'usine du Creusot (1).

Mode de construction (fig. 1). — Les bouches à feu sont frettées ; la partie du tube ou corps de canon sous frettes est entièrement cylindrique. Le frettage se fait par l'ar-

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t, IV, p. 309. *Expériences faites au Creusot en 1873 sur l'acier à canon*, rapport adressé au Ministre par le commandant BOBILLIER.

Les essais à la traction après la trempe, exécutés au Creusot seulement, donnèrent :

Limite d'élasticité	30 et 33; 42.669 ou 46.936
Charge de rupture	53 et 54; 76000
Allongement après rupture.	26 et 27 p. 100.

rière suivant la méthode adoptée par le général Treuille de Beaulieu, le colonel Olry, etc.

Les quatre dernières frettes, en acier puddlé, ont été fabriquées par la méthode de l'enroulement et posées à chaud avec un serrage de $0^{mm},6$ par mètre courant.

La frette-tourillon est du même métal que le tube, elle sert en même temps d'anneau de calage.

Mécanisme de fermeture (fig. 2). — Le mécanisme de fermeture est à vis à filets interrompus, et à portière ou volet comme celui des canons de 5 et 7, mais le capitaine de Bange avait apporté aux différentes parties de nombreux perfectionnements.

Il se distingue des mécanismes analogues, qui avaient été essayés jusque-là et dont la description a été donnée dans les chapitres précédents, par les particularités suivantes :

Les dimensions de la vis-culasse, et surtout son diamètre ont été réduits autant que possible, ce qui permet d'éviter dans les tracés intérieur et extérieur du tube les variations brusques de diamètre qui sont dangereuses pour l'acier fondu.

Par cette réduction des dimensions, le capitaine de Bange a cherché en outre à diminuer la pression que la vis-culasse doit supporter dans le tir et parer ainsi aux chances de déculassement ; enfin, la rotation de la vis-culasse pour l'ouverture et la fermeture de la culasse est ainsi rendue plus facile.

La portière, très-légère et très-simple, s'ouvre à gauche, et peut se rabattre contre le canon, de manière à dégager complétement l'entrée de la chambre, disposition qui a pour but de permettre de faire exécuter par un seul et même servant les principales fonctions de la charge. Les vis-guides sont supprimées, la vis-culasse coulisse directement dans la portière dont l'ouverture présente 3 secteurs évidés pour donner passage aux filets dans les mouvements longitudinaux de la vis.

La vis ne présente que deux rainures : l'une est celle de la clef, l'autre celle du loquet.

La clef est une tige d'acier à talon qui est engagée dans la portière. Son talon sert de butée à la vis et l'empêche de quitter la portière quand on ouvre la culasse.

Le loquet remplace le verrou automoteur du système de Reffye et remplit les mêmes fonctions que lui. Au moment de la fermeture, la vis-culasse ne peut glisser dans la portière que lorsque le plan incliné, pratiqué sur la tranche du tube, a soulevé le bec supérieur du loquet et a ainsi dégagé le talon du loquet de son logement dans la vis.

A la partie postérieure de la vis est articulé un levier-poignée, qui, lorsqu'il est complétement relevé, remplace la manivelle habituellement employée. Lorsqu'on a fait tourner la vis-culasse et qu'on ramène le levier-poignée vers le mécanisme, son pied formant excentrique, prend appui sur la portière et permet de dégager sans effort l'obturateur de son logement. Enfin, lorsque la culasse est fermée, et que le levier-poignée est rabattu, son pied s'engage dans la mortaise de la portière et remplit alors l'office de linguet de sûreté.

Les positions relatives des pièces dont se compose le mécanisme sont déterminées par des boulons, goupilles et clef, à l'exclusion de vis; le démontage peut être exécuté facilement à l'aide d'accessoires simples; le maintien en place des goupilles pendant la route et pendant le tir est assuré par la disposition même des pièces du mécanisme.

Enfin le mécanisme est protégé contre les chocs par la frette-arrière prolongée à cet effet au delà de la tranche du tube.

Obturation. — L'obturation est assurée par l'emploi de l'obturateur plastique, automatique par compression, dû au capitaine de Bange. A la suite des essais auxquels il avait été soumis dans le canon Olry [1], cet obturateur avait été déjà adopté par plusieurs des auteurs de projets de bouches à feu, et, dans sa séance du 13 novembre 1873, le Comité en avait demandé l'adoption définitive.

---

[1] Voir *Revue d'artillerie*, t. XIII, p. 22.

La tige de la tête mobile traverse la vis-culasse dans toute sa longueur ; elle est maintenue en place, non par une vis-goujon, mais par une simple clavette à ressort qui lui laisse toute liberté de presser sur l'obturateur et rend son mouvement de rotation indépendant de celui de la vis-culasse.

L'obturateur lui-même est constitué par une galette annulaire de matière plastique enveloppée de toile et comprise entre deux coupelles d'étain. La matière plastique est composée d'un mélange de graisse et d'amiante pilée. Pour empêcher l'étain de glisser dans les joints, les coupelles sont renforcées par des bagues en laiton, fendues obliquement. Il y a deux bagues à l'arrière, une seule est nécessaire pour la coupelle d'avant.

Pendant assez longtemps, tous les obturateurs de ce genre durent être fournis par l'atelier de précision du Dépôt central. Avec l'autorisation du président du Comité, un officier de la fonderie de Bourges fut envoyé en mission à l'atelier de précision, où le commandant de Bange lui montra la manière de faire fabriquer les obturateurs de son système. Depuis cette époque, la fonderie de Bourges a été chargée de la fabrication courante.

Lumière. — Les deux canons de 80^{mm} n'ont pas de grain de lumière ; le capitaine de Bange, jugeant avec raison que le logement du grain est une cause d'affaiblissement pour la bouche à feu, avait pratiqué la lumière dans l'axe même de la tête mobile.

On devait avec ces canons employer des étoupilles obturatrices ; mais les expériences qu'on fit à ce sujet n'ayant pas donné de résultats satisfaisants, on dut procéder à l'essai des bouches à feu en se servant d'étoupilles ordinaires.

Tracé intérieur. — La chambre à poudre cylindrique se raccorde avec l'âme proprement dite par un tronc de cône, de très-faible longueur, incliné au $^1/_{16}$ de façon à servir de butée à la ceinture du projectile et assurer aussi régulière-

ment que possible sa position initiale. Il n'y a donc pas de chambre spéciale pour le projectile.

Le diamètre de la chambre à poudre, peu différent de celui de l'âme mesuré au fond des rayures, ne le dépasse que de 1^{mm}.

Dans l'emploi d'une chambre à poudre d'un diamètre aussi restreint, le capitaine de Bange voyait un double avantage : éviter, d'un côté, les variations trop brusques dans les dimensions de l'âme, et, de l'autre, empêcher l'introduction d'un projectile trop gros, danger qu'il redoutait beaucoup, lorsqu'on en arriverait à la fabrication courante.

En revanche, afin de pouvoir faire usage de très-fortes charges tout en conservant une faible densité de chargement, on dut donner à cette chambre une très-grande longueur.

Le capitaine de Bange, persuadé que l'emploi de densités de chargement trop considérables amène infailliblement, après un temps plus ou moins long, des criques dans la chambre à poudre, cherchait à limiter cette densité de chargement à 0,70. D'un autre côté, il aurait désiré, pour rendre plus facile le chargement des coffres, diminuer le plus possible la longueur des charges. Aussi, afin de pouvoir faire usage d'un sachet ayant même diamètre que la chambre, il avait, dans le principe, muni la partie antérieure de la tête mobile d'un dard destiné à ménager une chambre ardente en arrière de la gargousse.

Mais, lors des expériences, la Commission de Calais fut d'avis que la présence de ce vide en arrière de la charge pourrait nuire à la bonne conservation de l'obturateur. Après quelques essais, le commandant de Bange y renonça et revint à l'emploi de la tête mobile en forme de champignon.

Les rayures, au nombre de 24, ont une profondeur de $0^{mm},5$. Ces rayures à inclinaison variable sur la plus grande partie de leur longueur se terminent vers la bouche par une partie à inclinaison constante, correspondant à un pas de 26 calibres. Elles tournent de gauche à droite, tandis

que, dans les canons de Reffye et de Lahitolle, elles s'enroulent dans l'autre sens.

Le canon n° 2 se distingue du canon n° 1 en ce qu'il présente, au point de vue du tracé intérieur, une autre disposition également nouvelle. L'âme proprement dite est légèrement conique, le diamètre allant en diminuant de la culasse à la bouche.

Le capitaine de Bange avait donné à ces deux canons une longueur totale de $2^{m},50$, afin qu'il fût possible, par des tronçonnements successifs, d'apprécier l'influence de la longueur d'âme et de la partie des rayures à inclinaison constante sur les qualités balistiques des bouches à feu.

Prépondérance. — Le poids du canon, qui était de 475 kil., pouvait ainsi être abaissé, et la prépondérance qui, primitivement, était à la volée devait après le tronçonnement se trouver ramenée à la culasse.

Les canons de 80^{mm}, présentés par le commandant de Bange, ne constituaient donc pas, suivant lui, un type complétement définitif.

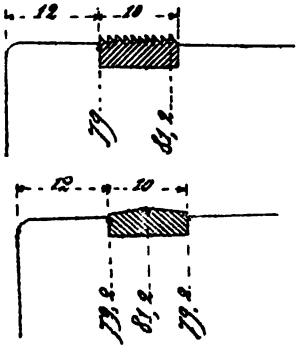
Hausse et guidon. — La hausse, en laiton, est à section non pas rectangulaire, comme celles en usage jusque-là, mais triangulaire avec angles arrondis. Elle porte une réglette horizontale pour la dérive. Un curseur avec ressort permet de la fixer dans son canal. Celui-ci a même section que la hausse ; il est garni à sa partie supérieure d'un coussinet en laiton contre lequel appuient le ressort et le curseur.

Le guidon de forme ordinaire, semblable à celui des anciennes pièces, est placé sur l'embase du tourillon droit.

Projectiles. — Le capitaine de Bange présenta deux modèles de projectiles (fig. 7 et 8), qui se distinguent de tous ceux qui avaient été essayés jusque-là, par la forme effilée de leur ogive, encore prolongée par un tampon conique en fonte malléable (fig. 6) ; de telle sorte que la longueur de la partie ogivale, en y comprenant le bouchon, est plus de la moitié de la longueur totale. En outre, le profil du vide intérieur se termine, du côté du

culot, par une demi-sphère, ce qui donne aux parois à hauteur de la ceinture une surépaisseur ayant pour objet d'assurer la rupture du culot. Le tampon conique était destiné à remplacer plus tard le bouchon de la fusée Budin, mais ce projet ne fut pas mis à exécution, et tous ceux que l'on employa servirent de simples tampons pour obus lestés.

Ces projectiles sont munis à l'arrière d'une ceinture en cuivre placée dans le moule avant la coulée (procédé que l'on appliquait pour la première fois) et ramenée ensuite sur le tour aux dimensions prescrites ; cette ceinture sans joint est tirée d'un tube en cuivre rouge étiré par les procédés ordinaires et dont la section intérieure est polygonale (12 côtés); à l'extérieur, elle est tournée suivant un cylindre. Une fois en place, on lui donne au tour le profil voulu. Le capitaine de Bange présenta deux profils, l'un à peigne, l'autre triangulaire, mais ils furent modifiés par la suite comme ne présentant pas assez de résistance.



Les projectiles n'ont pas de ceinture avant, le raccordement de l'ogive et de la partie cylindrique est venu de fonte avec un diamètre supérieur au diamètre définitif; cette partie est ensuite tournée cylindriquement, zinguée pour la préserver de la rouille en la trempant dans un bain de zinc, puis amenée sur le tour à la dimension exacte et raccordée avec l'ogive et avec la partie cylindrique.

Le premier modèle d'obus était un obus à culot plat, le second modèle ne différait du premier qu'en ce que la partie située en arrière de la ceinture avait reçu une forme légèrement tronconique.

Les deux obus pesaient $5^k,500$, soit $^1/_{86}$ du poids de la pièce.

Dimensions principales des canons de 80mm de Bange.

Diamètre de l'âme	sur les cloisons	millim.	80
	au fond des rayures	id.	81
Longueur d'âme depuis la partie antérieure de la tête mobile		id.	2 307
Longueur d'âme depuis la partie antérieure de la tête mobile		calibr.	29
Chambre à poudre.	Longueur de l'espace occupé par la charge	millim.	377
	Diamètre	id.	82
Raccordement de la chambre et de l'âme.	Longueur	id.	16
	Diamètre à l'arrière	id.	82
	Diamètre à l'avant	id.	80
Longueur de la partie rayée		id.	1 906
Longueur d'âme parcourue par le projectile		id.	1 931
Longueur d'âme parcourue par le projectile		calibr.	24
Rayures.	Nombre		24
	Pas des rayures à la bouche	mètres	2,047
	Id id.	calibr.	25,6
	Inclinaison initiale	degrés.	1°,30′
	Inclinaison finale	id.	7°
	Profondeur des rayures	millim.	0,5
	Largeur des cloisons	id.	5,6
Longueur totale du canon de la tranche de culasse à la tranche de la bouche		id.	2 500
Poids du canon avec fermeture		kil.	476
Poids du mécanisme de fermeture		id.	10,5
Projectile.	Ceinture de forcement. Diamètre maximum	millim.	81,5
	Ceinture de forcement. Hauteur	id.	10
	Ceinture de forcement. Distance au culot	id.	12
	Diamètre maximum de la partie cylindrique	id.	79
	Diamètre maximum du raccordement	id.	79,5
	Longueur totale avec tampon conique	id.	257
	Longueur totale avec tampon conique	calibr.	3,2
	Épaisseur de la paroi	millim.	17
	Épaisseur du culot	id.	18
	Poids total du projectile chargé	kil.	5,500
	Poids de la charge intérieure en poudre $Ar(O_4)$	gram.	260

§ II. — 1re série d'expériences sur le canon de 80mm n° 1.

Le canon n° 1 ne fut terminé et expédié à Calais que dans le courant du mois de janvier 1875 ; le canon n° 2 arriva deux mois plus tard.

Ces canons étaient sans affût; ils pouvaient à la rigueur se placer sur des affûts de 5, le diamètre des tourillons étant de 90mm et l'écartement des embases de 250mm. Cependant, comme la commission de Calais n'avait pas alors à sa disposition d'affût de 5, et que, de plus, elle craignait

que cet affût ne présentât pas une résistance suffisante, elle essaya ces bouches à feu sur des affûts Pétin et Gaudet, dont il sera question dans le chapitre relatif aux affûts.

Charges. — Les expériences furent faites avec la poudre A_f (C_1), que le commandant de Bange avait choisie pour l'essai de ses bouches à feu. Il avait recommandé d'employer les plus fortes charges compatibles avec la résistance du matériel.

On adopta les charges de 1400 et de 1600 grammes; elles donnèrent à l'obus du poids de $5^k,500$ des vitesses initiales de 485 et 530 mètres; les densités de chargement correspondantes n'étaient que de 0,70 et 0,80.

Mise de feu. — Dès le début des essais, la commission de Calais reconnut que les étoupilles obturatrices proposées n'étaient pas susceptibles d'être employées d'une manière courante; prévoyant qu'avec l'étoupille ordinaire les passages de gaz ne tarderaient pas à dégrader la tête mobile, elle proposa de faire poser un grain de lumière sur le canon n°1.

Le président du Comité n'approuva pas cette proposition et désira que l'on continuât à mettre le feu par la lumière percée dans la tige de la tête mobile, sauf à remplacer cette pièce quand elle serait hors de service. Les expériences eurent donc lieu dans ces conditions.

Projectiles. — L'obus à culot plat donna, principalement au point de vue de la conservation des vitesses, des résultats supérieurs à tous ceux que l'on avait obtenus jusqu'alors. L'obus à culot tronconique se montra sensiblement inférieur au précédent comme portée et justesse.

Dans l'éclatement au repos, le résultat moyen obtenu fut le suivant.

Nombre d'éclats	au-dessus de 300 grammes . . .	5,0
	de 50 à 300 grammes.	13,25
	au-dessous de 50 grammes . . .	10,5
Nombre total des éclats		28,75

Les culots ont généralement été brisés en quatre morceaux, résultat qu'on n'avait point obtenu jusque-là.

Les premières expériences de tir avaient conduit à l'abandon immédiat du profil dit à peigne, les ceintures étaient usées et les empreintes obtenues étaient irrégulières et ovales. Le profil triangulaire lui-même jugé insuffisant dut être renforcé. On augmenta d'abord les dimensions diamétrales de la ceinture, puis on supprima le pan coupé postérieur ; on arriva enfin à la ceinture cylindrique en ménageant toutefois une légère inclinaison à l'avant pour lui permettre de s'engager plus sûrement dans le raccordement de la chambre avec l'âme (1).

Bouche à feu. — Le tir du canon n° 1 fut remarquablement juste, ainsi qu'on peut en juger par les chiffres ci-dessous extraits des tables dressées pour le tir à la charge de 1 400 grammes, vitesse 485 mètres.

DISTANCE.	ANGLE de tir.	ÉCART MOYEN	
		portée.	direction.
mètres.	degrés.	mètres.	mètres.
1 000	1°,20′	15	0,5
2 000	3°,33′	15,2	1,0
3 000	6°,25′	16	1,9
4 000	10°,10′	17	3,2
5 000	14°,43′	23	5,2

La charge de 1 600 grammes donna moins de justesse en portée que la charge de 1 400 grammes sous les faibles angles de tir ; mais, à partir de 4000 mètres, elle fournissait des résultats supérieurs.

La commission de Calais termina son rapport sur les expériences exécutées avec le canon n° 1 par les conclusions suivantes :

Le canon proposé par le commandant de Bange, « a tiré « à de fortes charges et n'a montré, jusqu'à présent, ni « trace de fatigue, ni dégradation. Les expériences, à ce « point de vue, font donc espérer qu'il est possible d'éten-

(1) Voir le profil de la ceinture de l'obus de 90^{mm}, qui est semblable, page 32.

« dre jusqu'à la nuance d'acier très-doux dont il est formé,
« les limites entre lesquelles le métal à canon peut être
« maintenu.

« Le mécanisme résiste bien, et présente des disposi-
« tions très-avantageuses et d'une grande utilité pratique.

« Les ceintures du projectile tiennent bien, l'obus donne
« un bon éclatement et possède des propriétés remarqua-
« bles comme portée et justesse. »

Quelques inconvénients cependant étaient à signaler :

Le diamètre de la chambre était trop faible et donnait parfois lieu à des difficultés pour l'introduction du projectile.

Les étoupilles obturatrices essayées n'avaient pas donné de résultat pratique ; l'emploi de l'étoupille ordinaire compromettait la conservation des têtes mobiles, et nécessitait l'emploi d'un grain de lumière ou de nouvelles études sur l'obturation de la lumière.

Il était intéressant de rechercher les causes de la supériorité dont cette nouvelle bouche à feu avait fait preuve sur toutes celles essayées jusque-là au point de vue des justesses. Quelques officiers l'attribuaient à cette particularité que la rayure avait, à partir d'une certaine distance de la bouche, une inclinaison constante. D'un autre côté, la prépondérance à la volée rendait difficile l'exécution du pointage. Aussi, dès que la première série de tirs eut été terminée avec le canon n° 1, la commission de Calais, d'accord en cela avec le commandant de Bange, demanda l'autorisation de faire tronçonner la pièce. Mais le président du Comité, ne considérant pas cette bouche à feu comme une pièce d'étude, décida qu'elle devait être conservée telle quelle jusqu'à ce qu'on eût statué sur les différents modèles présentés en vertu de la décision du Ministre, en date du 16 décembre 1873.

Une fois la question résolue par le Président de la République, le 3 juin 1875, et quand les bouches à feu destinées à servir pour les essais en grand dans les corps de

troupes eurent été mises en commande, on se hâta, pendant la fabrication des tubes, d'achever les études relatives aux canons de 80^{mm}, afin de remédier aux quelques imperfections de détail qui avaient été signalées. Le second canon, le n° 2, fut également essayé, afin qu'on pût choisir, entre les deux, celui qui donnerait les meilleurs résultats comme type définitif et pratique de canon pour la cavalerie.

On se hâta également de tirer le canon de 90^{mm}, présenté par le commandant de Bange, afin d'être fixé sur les modifications qu'il pourrait être nécessaire d'apporter au modèle, avant d'entreprendre l'usinage des canons de ce calibre destinés aux batteries d'essai.

§ III. — 2e série d'expériences avec les canons de 80^{mm}.

Le commandant de Bange pressa le plus possible l'envoi du second canon de 80^{mm}, qui ne put être essayé à Calais qu'au mois d'août 1875. On le tira à la même vitesse que le canon n° 1, afin qu'on pût les comparer au point de vue balistique. On détermina par expérience la charge de poudre C_1 qui donnait à l'obus, lesté à 5^{k},500, la vitesse de 485 mètres obtenue dans le canon n° 1 avec la charge de 1400 grammes. On la trouva égale à 1 360 grammes, la densité de chargement correspondante était de 0,68. On constata que le canon n° 2 avait une justesse comparable à celle du canon n° 1, mais il lui était supérieur par l'étendue des portées. Ce résultat, qui semblait devoir être attribué à la conicité de l'âme du canon, aurait demandé à être vérifié. Malheureusement le temps manquait pour entreprendre de pareilles expériences.

En résumé, en se basant seulement sur les résultats obtenus, le choix était assez difficile à faire. On donna cependant la préférence au canon n° 1, dont le tracé semblait moins compliqué et la construction plus facile.

La question du choix entre les deux modèles étant résolue, on procéda aux expériences de tronçonnement sur le canon n° 2.

Cette bouche à feu fut, d'après les indications fournies par le commandant de Bange, rognée successivement de $0^m,15$, $0^m,25$ et $0^m,05$. En dernier lieu, la partie rayée à pas constant se trouva complétement enlevée, le poids de la bouche à feu n'était plus que de 459 kil. et la prépondérance, qui était passée de la volée à la culasse, avait une valeur de 17 kil. environ, la pièce étant chargée.

Après chaque tronçonnement successif, on détermina la charge nécessaire pour obtenir la vitesse de 485 mètres et on exécuta un tir de justesse.

Comme on devait s'y attendre, il fallut augmenter la charge et la porter successivement de 1 360 grammes à 1 440, 1 490 et 1 498 grammes.

Mais la longueur de l'âme, dans les limites où on la fit varier, ne parut pas avoir exercé d'influence sur la régularité des vitesses initiales, ni sur l'étendue des portées et la justesse du tir.

La commission en conclut que la partie rayée à pas constant qui terminait le canon avant son tronçonnement, paraissait n'avoir aucune influence sur les qualités balistiques de la bouche à feu.

On exécuta encore, avec la pièce n° 2, d'autres tirs ayant pour but d'éprouver la résistance des affûts ; on lui fit subir pour l'achèvement de ces épreuves une quatrième transformation qui consista à enlever du métal autour de la volée de manière à réduire son poids à 430 kilogr. C'était le poids fixé définitivement pour les pièces qui allaient être construites.

Lorsque fut établi le rapport, la pièce avait tiré près de 2 000 coups. Sa résistance ne paraissait nullement affaiblie malgré quelques piqûres de gaz sur le raccordement tronconique.

On profita également de cette deuxième série d'expériences pour poursuivre l'étude des étoupilles obturatrices que le commandant de Bange cherchait toujours à perfectionner.

Tirant tantôt avec des étoupilles obturatrices, tantôt avec des étoupilles ordinaires, on eut ainsi l'occasion de constater que l'obturation de la lumière n'augmentait la vitesse que de 5 à 6 mètres.

Mais, en même temps, on put se convaincre de plus en plus que, pour que l'emploi de têtes mobiles à canal central devînt réellement pratique, il était indispensable d'assurer l'obturation de la lumière, autrement les gaz enflammés rongent le canal et en amènent promptement la destruction. Ainsi, les trois premières têtes mobiles envoyées par l'atelier de précision pour le canon n° 1 avaient été brisées entre 100 et 200 coups. Les suivantes, il est vrai, durèrent un peu plus longtemps, deux servirent pour plus de 400 coups.

Cependant, malgré ce grave inconvénient, le Comité considérant que cette pièce est facile à remplacer, fut amené à se demander, d'après les conclusions de la Commission de Calais, s'il n'y aurait pas, quand même, avantage à adopter la tête mobile à lumière centrale, quitte à en placer quelques-unes de rechange dans les coffres. On arriverait ainsi à la suppression du grain de lumière si désirable dans les bouches à feu en acier tirant à forte charge, car ce logement constitue un point faible précisément dans la partie du canon qui fatigue le plus au moment de l'explosion de la charge.

Le commandant de Bange fut invité à continuer ses recherches sur les étoupilles obturatrices; mais, en attendant la solution de cette question qui devait faire disparaître toute difficulté, il fut décidé que l'on ferait confectionner des têtes mobiles à lumière centrale avec des aciers de nuance différente.

Ces nouvelles expériences devaient permettre de reconnaître si, pour les canons en cours de fabrication, il y avait lieu de conserver une tête mobile à lumière centrale ou de revenir à l'ancien grain de lumière.

Les expériences sur le canon de 80^{mm} n°2, furent complé-

tées par quelques essais sur les obturateurs, afin qu'on pût se rendre compte de leur degré de résistance et de la manière dont ils se comportaient.

On fit varier la proportion de graisse de 5 à 35 p. 100; avec 5 à 10 p. 100 on obtint quand même une obturation complète, mais le frottement, que rien n'adoucissait, occasionnait des duretés de manœuvre incompatibles avec les exigences du service. Avec 25 p. 100 la manœuvre était facile, et un obturateur de ce genre put subir sans perte notable de substance, des tirs dont la rapidité ne sera jamais atteinte dans le service courant. Enfin, lorsque la proportion de graisse atteint 30 et 35 p. 100, maximum que, d'après des essais antérieurs, on savait ne pas devoir dépasser, les obturateurs perdent à la longue une partie de leur substance en diminuant d'épaisseur. Mais les obturateurs de cette sorte employés avec les canons de Bange et aussi d'autres bouches à feu, dans le service journalier de la Commission, n'ont cependant jamais atteint le terme de leur durée, quoique plusieurs aient tiré plus de 2000 coups.

§ IV. — Canon de réserve de 90^{mm}.

Cette pièce, de même que les deux canons de 80^{mm}, était faite avec un acier très-doux du Creusot. Comme mode de construction, mécanisme de fermeture, tracé intérieur (fig. 3), elle était semblable au canon de 80^{mm} n° 1, présenté par le commandant de Bange.

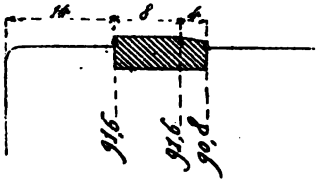
Mais, comme elle ne fut terminée qu'après les premiers essais du canon de 80^{mm} n° 1, on lui avait donné une longueur d'âme relativement moins considérable, ce qui avait permis de reporter la prépondérance à la culasse. Enfin, comme les études sur les étoupilles obturatrices destinées à être employées avec la tête mobile à lumière centrale n'avaient point encore abouti, la pièce avait été munie d'un grain de lumière en cuivre rouge; le dard de la tête mobile ainsi que la chambre ardente, qui en était la conséquence,

avaient été également supprimés. On pouvait donc la considérer comme type d'une pièce définitive susceptible d'être mise immédiatement en service.

La seule disposition nouvelle à signaler est un appareil de sûreté pour la mise du feu, composé d'un petit levier que l'on rabattait à l'aide du tire-feu, et qui agissait sur la boucle de l'étoupille par l'intermédiaire d'une chaînette. Ce levier ne pouvait être relevé que quand la poignée-levier était entièrement abattue, on était sûr, par conséquent, en employant ce procédé, de ne mettre le feu que quand la culasse était entièrement fermée.

D'après l'ordre ministériel du 16 décembre 1873, les pièces de 90^{mm} à établir devaient être des canons de réserve. Mais, dans l'intervalle de temps qui s'écoula entre la commande et l'envoi de la pièce de 90^{mm} du commandant de Bange à Calais, au mois de juillet 1875, les idées sur le choix des calibres avaient été complétement modifiées. A la suite de l'essai du canon de 90^{mm} n° 1, présenté par les commandants de Lahitolle et Florentin, on avait admis que le calibre de 90^{mm} devait être adopté, non pas pour la pièce de réserve, mais pour le canon divisionnaire.

Le canon de 90^{mm} présenté par le commandant de Bange ne pesait cependant que 540 kil., poids fort peu différent de celui qu'il a adopté définitivement pour les pièces qu'il a eues à construire depuis. La prépondérance était de 35 kil. à la culasse.



Le poids de l'obus était de 8 kil., soit $^1/_{68}$ de celui du canon. La ceinture, mise en place par le même procédé que pour les obus de 80^{mm}, avait le profil ci-joint.

La poudre choisie était encore la poudre A_f (C_1).

TABLEAU.

Dimensions principales du canon de 90mm de Bange.

Diamètre de l'âme	sur les cloisons	millim.	90
	au fond des rayures	id.	91,2
Longueur d'âme depuis la partie antérieure de la tête mobile		id.	2 276
Longueur d'âme depuis la partie antérieure de la tête mobile		calibr	25
Chambre à poudre.	Longueur de l'espace occupé par la charge	millim.	393
	Diamètre	id.	92,6
Raccordement de la chambre et de l'âme.	Longueur	id.	20
	Diamètre à l'arrière	id.	92,6
	Diamètre à l'avant	id.	90
Longueur de la partie rayée		id.	1 352
Longueur d'âme parcourue par le projectile		id.	1 876
Longueur d'âme parcourue par le projectile		calibr.	21
Rayures.	Nombre		23
	Pas des rayures à la bouche	m.	2,303
	Pas des rayures à la bouche	calibr.	25,6
	Inclinaison initiale	degrés.	1°,55'
	Inclinaison finale	id.	7°
	Largeur des cloisons	millim.	2,1
	Profondeur des rayures	id.	0,6
Longueur totale du canon		id.	2 500
Poids total du canon		kil.	540
Poids total du canon		project.	67,5
Prépondérance de culasse		kil.	35
Projectile.	Longueur totale avec tampon conique	millim.	296
	Longueur totale avec tampon conique	calibr.	3,3
	Épaisseurs de la paroi cylindrique	millim.	20
	Épaisseurs du culot	id.	20
	Ceinture. Diamètre maximum	id.	91,6
	Ceinture. Hauteur	id.	12
	Ceinture. Distance au culot	id.	14
	Diamètre de la partie cylindrique	id.	89
	Diamètre du raccordement de l'ogive	id.	89,5
	Poids total du projectile chargé	kil.	8
	Poids de la charge intérieure (poudre C_1)	gramm.	300

Lorsque le canon arriva à Calais, il importait d'en pousser l'essai aussi rapidement que possible afin de mettre le commandant de Bange en état d'apporter aux nouvelles bouches à feu qu'il avait à faire construire, les modifications dont l'expérience montrerait la nécessité.

Il cherchait à obtenir de grandes vitesses initiales, 475 mètres, et même 500 si cela était possible. Les charges nécessaires pour atteindre ces résultats furent trouvées égales à 1 940 et 2 100 grammes. Par suite de la grande

capacité de la chambre, les densités n'étaient que de 0,71 et 0,75.

Le premier essai de ce canon eut lieu le 27 juillet 1875 devant le général Canu, président du Comité. On exécuta un tir comparatif entre le canon de Bange, et le canon de Lahitolle et Florentin n° 1. On s'assura si l'on pouvait tirer dans les deux canons indistinctement les obus de Bange et de Lahitolle, et on tira dans chacun d'eux, sous l'angle de 7 degrés, 10 obus de Bange et 10 de Lahitolle. Ces obus furent tous lestés à 8 kil. et les charges employées dans cette circonstance furent de 1 900 grammes pour le canon de Bange et 1 520 grammes pour le canon de Lahitolle. C'étaient celles que l'on supposait devoir être les charges de guerre. Avec la première bouche à feu, la vitesse initiale fut alors de 466 mètres ; elle était de 448 mètres pour la seconde.

Le canon de Bange eut des portées plus grandes avec les deux obus, et l'obus de Bange fut également supérieur à l'autre dans les deux canons.

Les essais sur le canon de 90^{mm} de Bange furent continués aux mois d'août et septembre. Comme la pièce n'avait pas encore d'affût spécial, au début des expériences, on dut se servir provisoirement des affûts Petin et Gaudet. La violence des réactions et les dégradations graves qui survinrent rapidement à ces affûts, lorsqu'on voulut exécuter le tir à la vitesse de 500 mètres, engagèrent à renoncer à la charge de 2^{k},100 et montrèrent qu'il était prudent de restreindre la vitesse initiale à 475 mètres comme maximum.

Ce canon servit également à l'essai de divers affûts construits par le commandant de Bange et aussi d'un affût présenté par le commandant Florentin après collaboration avec le commandant de Lahitolle.

Au moment où fut établi le rapport, la bouche à feu avait tiré plus de 1 800 coups, avec le même obturateur à 35 p. 100 de graisse, qui n'avait jamais été remplacé. Les seules dégradations qui aient été constatées étaient des fis-

sures en avant du grain de lumière, et des piqûres de gaz à l'entrée de lachambre.

On dut remplacer trois fois le grain de lumière; en annonçant au président de Comité la mise hors de service du premier grain, le président de la commission de Calais fit remarquer que les filets du grain semblaient être rongés par les gaz qui étaient venus se détendre sous le frettage. Il signala en outre l'apparition de fissures analogues à celle qui s'était déjà produite sur le canon de Lahitolle, essayé en 1874.

La première de ces dégradations était grave, car elle ne se laisse pas deviner par l'examen des empreintes de l'âme. Quant aux fissures, elles marchent très-lentement sans conséquences graves et immédiates, mais on les constate sur toutes les bouches à feu en acier munies d'un grain de lumière. Aussi le président de la Commission concluait-il qu'il faudrait abandonner les grains de lumière dès que la chose serait possible.

Au point de vue du tir, avec la charge de 1 940 grammes donnant la vitesse de 475 mètres, le canon de 90^{mm} avait donné les meilleurs résultats qui eussent été obtenus jusque-là avec les canons de campagne.

DISTANCES.	ANGLES de tir.	ÉCARTS MOYENS	
		en portée.	en direction.
mètres.	degrés.	mètres.	mètres.
1 000	1°,22′	7,56	0,50
2 000	3°,29′	9,07	1,25
3 000	6°,4′	10,95	2,32
4 000	9°,14′	13,72	3,72
5 000	13°,2′	18,42	5,50

Aussi, dans sa séance du 15 février 1876, le Comité émit l'avis que cette bouche à feu dans les conditions où elle venait d'être essayée à Calais, représentait le type de canon de campagne ayant réalisé le plus de progrès sous le rapport de la facilité de la manœuvre, et de la justesse du tir en portée, tout en faisant preuve de qualités remarquables sous d'autres rapports.

(*A suivre.*)

NOTE

SUR LES

PROPRIÉTÉS ÉROSIVES DES GAZ

A HAUTE TEMPÉRATURE

ET SOUS DE GRANDES PRESSIONS

(PL. III.)

La *Revue d'artillerie* doit à l'obligeance de M. Daubrée, inspecteur général des mines, directeur de l'École des mines, deux notes relatives : la première (1), aux effets produits par les gaz de la poudre sur le grain de poudre lui-même, ainsi que sur des feuilles d'acier, et à l'action exercée par les gaz chauds et comprimés, lorsqu'ils s'échappent avec une grande vitesse par un petit orifice ; la seconde (2), aux effets produits par les gaz de la dynamite sur des barres d'acier. M. Daubrée a bien voulu encore rédiger cette troisième note dans laquelle il étudie plusieurs phénomènes d'érosions produits par les gaz de la poudre, en particulier sur le canal des têtes mobiles et des grains de lumière, ainsi que les effets produits par les gaz de la dynamite, de la nitroglycérine et du fulmicoton.

(*N. d. l. R.*)

Gaz de la poudre.

En terminant une précédente note (1) sur les propriétés érosives des gaz développés par l'explosion de la poudre, je disais que les résultats immédiats de mes expériences expliquent le fait bien connu que, dans une pièce d'artillerie, la moindre fissure, dès qu'elle peut donner issue aux gaz, s'agrandit avec beaucoup de rapidité.

Depuis cette époque, j'ai eu l'occasion, grâce aux obligeantes communications de M. le général de division Canu, d'examiner les corrosions, bien connues des officiers d'ar-

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. X, p. 380.
(2) Voir *Revue d'artillerie*, t. XIV p. 171.

tillerie, qui se produisent dans la lumière et dans la tête mobile des canons (1).

Les figures 1, 2 et 3 Pl. III (2) montrent, à première vue, l'étroite analogie de ces érosions avec celles qui ont été figurées dans la première note, et ne laissent aucun doute sur leur commune origine. Le caractère allongé de ces érosions profondes fait bien voir qu'elles sont dues au passage rapide des gaz comprimés.

Comme autre résultat du même genre, je reproduirai aussi les profonds sillons creusés, par le même effet mécanique, sur la pièce d'obturation d'une éprouvette à poudre, où une fuite de gaz s'est accidentellement produite (fig. 4) (3). Les actions chimiques qui se sont ajoutées aux phénomènes purement mécaniques se traduisent, à la première vue, par une traînée d'un jaune de laiton, où du soufre de la poudre est engagé à l'état de combinaison métallique.

C'est aussi, comme on le voit, la reproduction des résultats fournis par mes premières expériences, où des lames d'acier étaient soumises, en vases clos, aux gaz de la poudre. Qu'elles aient été fondues ou non (fig. 5 et 6) (4), ce qui dépendait du poids de la charge, dans tous les cas, elles se sont sulfurées, et quelquefois de façon à présenter des plaques minces de sulfure, parfaitement reconnaissa-

(1) Ces faits ont été particulièrement bien décrits par M. le commandant Bobillier, à la suite d'expériences faites au Creusot. Voir *Revue d'artillerie*, t. IV, p. 305 et 417. (*Note de l'auteur.*)

(2) Fig. 1. — Coupe suivant l'axe, d'une tête mobile pour canon de 80mm, ayant tiré 538 coups. (Grandeur naturelle.)

Fig. 2. — Coupe suivant l'axe, d'une portion de tête mobile d'un canon de 155mm. (Grandeur naturelle.)

Les érosions AA se prolongent dans le métal, suivant une inclinaison à peu près constante, et dans une direction opposée à celle de l'écoulement des gaz.

Fig. 3. — Coupe suivant l'axe, dans un grain de lumière. (Grandeur naturelle).

Dans les fig. 1, 2 et 3, le double trait pointillé représente le diamètre primitif.

(3) Fig. 4.— Pièce d'obturation d'une éprouvette à poudre, corrodée instantanément par la sortie accidentelle des gaz qu'elle devait retenir. On remarquera un sillon profond, présentant des sillons secondaires et des cupules d'affouillement. Des parties sulfurées, jaune de laiton, se montrent sur une partie des arêtes du grand sillon. (Grossissement 1 fois $^1/_2$.)

(4) Fig. 5. — Lame d'acier primitivement contournée en cylindre et soumise à l'action des gaz comprimés de la poudre. La ligne ponctuée indique la forme primitive par sa projection en grandeur naturelle. On l'a développée et rendue plane, pour en faire mieux voir les accidents. *E,E,E*, érosions produites sur les bords, par suite d'une fusion partielle de la lame, d'où sont résultées également des petites

bles à leur couleur bronzée. D'un autre côté, la chambre de combustion contenait une poudre jaune de laiton, composée de très-petites paillettes miroitantes, magnétiques, solubles dans les acides avec dégagement d'hydrogène sulfuré et consistant en un mélange de protosulfure et de charbon.

C'est cette même poussière sulfurée qui se répand dans l'atmosphère quand le robinet de l'éprouvette à poudre n'est plus hermétiquement fermé (fig. 7) (1).

La figure 9 montre les érosions produites dans une éprouvette, par les gaz de la poudre, sur un sphéroïde de zinc semblable à celui de la figure 8 (2).

Pour en revenir à l'acier, il résulte des faits qui précèdent que les gaz ont d'abord fondu ce métal, puis, qu'ils ont immédiatement arraché et emporté cet acier fondu, à l'état de division extrême, exactement comme on le voit pour l'eau dans les appareils bien connus sous le nom de pulvérisateurs. En effet, les personnes présentes perçurent, immédiatement, à la gorge, une sensation caractéristique qui dénotait la présence du fer répandu dans l'air de la chambre. De plus, on reconnut que ces mêmes gaz avaient projeté sur un écran voisin N, que le jet venait de frapper

---

grenailles *G,G,G,S,S,S,S*, portions où la sulfuration est particulièrement reconnaissable à leur teinte jaune de bronze. (Grandeur naturelle.)

Fig. 6. — Lingot provenant de la fusion d'une lame d'acier soumise à l'action des gaz comprimés de la poudre. Sa forme scoriacée, due à une sorte de pétrissage par les gaz, rappelle la forme du squelette métallique des météorites syssidères (Grossi deux fois.)

(1) Fig. 7. — Pulvérisation de l'acier par l'action subite des gaz développés par l'explosion d'une poudre dans une éprouvette. *M*, chambre de combustion; *E*, éprouvette en fer doux; *G*, cuirasse en bronze; *RR*, robinet sur le canal *K* de l'éprouvette; il est traversé par un canal coudé *SS'S''* servant à la sortie des gaz; il est fileté sur une portion *V* de sa longueur; *J*, poussière métallique qui, lors d'un défaut d'obturation, jaillit violemment et s'incruste, en partie, sur l'écran *N*, recouvrant la muraille, puis, se répand dans tout le laboratoire. (Échelle de un quart.)

(2) Fig. 8. — Sphéroïde de zinc destiné à subir l'action érosive des gaz développés lors de la combustion de la poudre. (Grossissement de 4 fois.)

Fig. 9. — Sphéroïde de zinc semblable à celui de la figure 8 et ayant subi l'action érosive des gaz développés lors de la combustion de la poudre. On y observe un grand nombre de sillons sinueux, ainsi que des cupules analogues à celles qui recouvrent les surfaces des météorites. (Grossissement de 4 fois.)

Fig. 10. — Grain de poudre en partie cemburé et présentant des séries de cupules dues à l'action d'affouillement exercée par les gaz développés pendant la combustion. (Grossissement de 4 fois.)

perpendiculairement, une poussière noire magnétique et aussi impalpable que le produit d'une volatilisation.

La formation d'une telle poussière devra être prise en considération, dans les expériences faites, sous des pressions du même ordre, en vue de liquéfier les gaz les moins coercibles.

Si l'on coupe des lingots obtenus au moyen de la fusion de l'acier dans les gaz comprimés de la poudre, que l'on polisse la section et qu'on la traite par un acide faible, on remarque que cet acier n'a pas une texture uniforme. Les parties voisines de la surface se dessinent nettement par une teinte particulière suivant une lisière étroite. Cette différence donne l'idée d'une sorte de trempe qui correspondrait à un refroidissement très-rapide de la partie superficielle. Cependant, une action chimique exercée par le milieu ambiant y contribue peut-être.

Les fragments d'acier non fondus produits avec les gaz de la dynamite, présentent un fait semblable : l'acide y fait ressortir, sur une section polie, une lisière qui suit les contours et qui est particulièrement nette vers le fond des cupules et sur les parties saillantes.

Gaz de la dynamite.

Je crois devoir compléter la description des résultats que j'avais obtenus en soumettant à l'action de la dynamite des prismes d'acier (1), par le résumé de quelques autres faits du même genre.

J'ai fait agir la dynamite sur une masse volumineuse de fer doux (fig. 11) (2), forgée en forme de sphère S

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. XIV, p. 171.

(2) Fig. 11. — Action des gaz de la dynamite sur une grosse masse de fer de forme sphérique, ainsi que sur les parois du puits au fond duquel elle était placée.

S' masse de fer dont l'hémisphère supérieur est recouvert de cartouches, *CC'*, maintenues par un cylindre en tôle *TT*. Trois piquets verticaux, *PP*, maintiennent la sphère à 0m,10 du fond du puits ; *S*, position de la sphère après l'explosion ; les piquets ont pris alors la position inclinée *PP'*.

AAA sont des cavités hémisphériques serrées les unes contre les autres, qui ont été affouillées par les gaz dans la paroi verticale du puits jusqu'à 0m,60 de la

(fig. 12)(¹), sauf deux faibles troncatures résultant des circonstances de la fabrication.

La dynamite était appliquée sur tout l'hémisphère supérieur, qui seul recevait les chocs des gaz, exactement comme la portion antérieure d'un bolide. Les cartouches CCC (fig. 11) étaient maintenues dans cette situation par un cylindre en tôle TT, tangent au cercle horizontal.

D'autre part, toujours pour se trouver dans des conditions analogues à celle du bolide, la sphère, ne devant pas toucher le sol, reposait sur trois piquets en bois, de 10 centimètres de hauteur qui, disposés en triangle équilatéral, pinçaient et maintenaient le cylindre en tôle.

Dans une première expérience, on a appliqué sur la masse de fer $15^k,700$ de dynamite. Après l'explosion, la boule de fer avait disparu, enterrée qu'elle était en S, à une profondeur de 34 centimètres. Elle avait pénétré verticalement dans le fond du puits, en se frayant un logement cylindrique bien régulier, et sans attaquer la région voisine. On peut remarquer que, dans ce trajet, la sphère s'était complétement retournée ; sa troncature inférieure était en haut.

Sans que la masse métallique fût nullement brisée, la partie en contact avec la dynamite présentait une nombreuse série de cupules des mieux caractérisées. Les cupules, à contours elliptiques, étaient surtout nombreuses vers la partie centrale de l'hémisphère et s'étendaient sur une calotte correspondant à un arc d'environ 120 degrés. La profondeur des cupules diminuait rapidement jusque vers les bords de cette calotte, de telle sorte que les parties soumises plus obliquement à l'action des gaz étaient à peine altérées.

---

surface du sol. La sphère s'étant retournée à la suite de l'explosion, les cupules creusées dans le métal se trouvent, dans cette dernière position, sur l'hémisphère inférieur. (Échelle de $^1/_{25}$.)

(¹) Fig. 12. — Masse de fer sphérique, dont la figure 11 montre la disposition lors de l'expérience. On y voit des cupules nombreuses développées surtout vers le centre de l'hémisphère qui a été lui-même affouillé. (Échelle de $^1/_5$.)

Voici les dimensions de quelques-unes des principales cupules :

GRAND DIAMÈTRE.	PETIT DIAMÈTRE.	PROFONDEUR.
millimètres.	millimètres.	millimètres.
15	12	8
22	10	3
19	15	7

L'une des cupules offrait un bourrelet, dont la saillie était de 3 millimètres. En outre, la partie plane s'était affouillée de manière à présenter une flèche qui de 4 millimètres a été portée à 9 millimètres.

Dans une première expérience, la force vive des gaz avait été dépensée, en partie, non-seulement à affouiller les parois du puits, comme il va être dit, mais aussi à faire pénétrer la masse dans le fond du puits. Pour obvier à cette pénétration et dans l'espoir d'arriver à briser la sphère, on l'a installée, dans une seconde expérience, sur un bloc de pierre de taille, de 50 centimètres de hauteur.

Les autres conditions étant les mêmes que précédemment, la pierre, après l'explosion, s'était brisée en nombreux fragments, sous lesquels on retrouva la masse de fer qui était encore entière, et simplement lézardée sur un tiers d'un grand cercle. Quant aux érosions et aux cupules, elles s'étaient excavées davantage.

Affouillements sphéroïdaux subis par les parois du puits. — Les expériences sur la sphère que l'on vient de citer, en nécessitant des charges extraordinaires de dynamite, donnent naissance à un autre phénomène qui mérite également d'être signalé.

A la suite de chaque explosion, les parois du puits, creusé dans une argile sableuse (du terrain quaternaire), subissaient, il va sans dire, des démolitions [illegible]

Après la première explosion, ce [illegible] était primitivement de $1^m,60$ et la [illegible]

s'était élargi de 60 centimètres. Les parois présentaient une multitude de poches sphéroïdales, juxtaposées, dues évidemment à des affouillements, et dont les diamètres atteignaient 20 à 30 centimètres. Elles formaient une zone qui s'arrêtait à 60 centimètres de la surface et qui était particulièrement prononcée sur 50 centimètres de hauteur.

Après la seconde explosion, le puits s'était encore élargi, et avait été entaillé de nouveau sous forme de nombreuses cavités hémisphériques, dont l'une atteignait 50 centimètres de diamètre et 20 centimètres de profondeur. Comme précédemment, les parties voisines de la surface avaient été respectées par les tourbillons gazeux.

De nombreux lambeaux de la tôle des cartouches[1], dont quelques-uns très-petits, avaient pénétré dans les parois du puits. Plusieurs de ces morceaux de tôle sont inscrustés de sable très-adhérent. D'autres sont comme émaillés par une substance fondue et de forme globulaire.

Avec ces débris, on a trouvé aussi des parcelles de formes très-irrégulières arrachées à la grosse masse. Le barreau aimanté a encore extrait de la masse sableuse des parcelles très-fines, indiscernables à la vue, dont quelques-unes avaient pris la forme globulaire par la fusion.

Les poches se sont creusées dans les parois du puits, avec un caractère de régularité qui en fait comme une amplification des cupules produites sur le fer. La distance de plusieurs décimètres, qui séparait les cartouches des parois du puits, sur lesquelles les gaz n'arrivaient, par conséquent, qu'après une détente considérable, rend compte de la grande différence qui existe, pour la dimension, entre ces érosions, facilitées d'ailleurs singulièrement par la nature peu cohérente de l'argile, et les érosions du métal.

Nulle part, le mouvement giratoire des gaz comprimés ne se montre plus clairement que sur les masses argilo-

---

(1) La fig. 13 représente une feuille plane de tôle soumise à l'action des gaz développés par l'explosion de la dynamite. Cette plaque était perforée de trous innombrables qui en faisaient une sorte d'écumoire très-fine. (Grandeur naturelle.)

sableuses. Ici, les gaz ont agi sur le corps d'une manière exclusivement mécanique, sans collaboration d'aucun phénomène chimique. Il importe de le remarquer, parce que, dans la plupart des expériences précédentes, les résultats moins simples étaient ou pouvaient être dus à la superposition d'actions chimiques et d'actions mécaniques.

Gaz de la nitroglycérine.

Pour discerner l'influence de l'élément solide qui entre dans la constitution de la dynamite, j'ai eu recours à la nitroglycérine, avec le concours de M. Vieille, ingénieur des poudres et salpêtres.

De la nitroglycérine fut placée dans une capsule métallique (fig. 14) (1), de 4 millimètres d'épaisseur, ayant 20 centimètres de diamètre et 8 de profondeur. Cette capsule reposait sur une plaque de fer, et l'explosion de la cartouche était provoquée par une étincelle électrique.

Dans une première expérience, où la capsule était en tôle de fer, elle fut réduite en un lambeau, fortement appliquée (fig. 15) (2) contre le soubassement de fer, laminée contre lui et rendue schisteuse, comme dans les expériences décrites précédemment.

En même temps, des cupules disposées par traînées se sont excavées à la surface du métal, témoignant de la puissance que possèdent les gaz privés de la collaboration de matériaux solides, mais peut-être solidifiés eux-mêmes.

Une capsule de plomb a donné des résultats bien différents, ce qui s'explique par les qualités physiques propres aux deux métaux (fig. 16) (3); d'une part, la surface ne pré-

(1) Fig. 14. — Capsule de fer destinée à subir l'action érosive des gaz développés par l'explosion de la nitroglycérine. Dans le liquide, qui remplit aux deux tiers la capsule, est plongée l'amorce de fulminate en rapport avec les fils d'une pile. La capsule repose sur une épaisse plaque de fer. (Échelle de $^1/_5$.)

(2) Fig. 15. — Effets de l'explosion de la nitroglycérine sur la capsule de fer représentée figure 14. Cette plaque, parfaitement aplatie sur la lame de fer, est devenue schisteuse et crevassée. On y remarque d'innombrables cupules, dont beaucoup sont réunies en traînées *TTT*. (Grandeur naturelle.)

(3) Fig. 16. — Fragment d'une capsule de plomb [illegible] de la nitroglycérine et montrant, outre les stries, la torsion [illegible] ont subis. (Grandeur naturelle.)

sentait pas de cupules, qui peut-être ont été effacées par un ramollissement, dénoté par l'état chagriné de la surface; d'autre part, elle s'est déchirée en fragments dont les surfaces de rupture, profondément striées, ne sont peut-être pas sans analogie avec celles de maintes météorites.

Gaz du fulmicoton.

Les affouillements produits par les gaz du fulmicoton méritent d'être examinés, au même titre que les résultats de l'explosion de la nitroglycérine (1).

Sur une plaque circulaire en acier A B (fig. *a*) (2), posée horizontalement sur le sol, était placé du fulmicoton comprimé, à la densité de 1,00, et sous forme d'un cylindre ayant 30 millimètres de diamètre, haut de 25 millimètres, et d'un poids de 15 à 18 grammes. Ce cylindre, sans aucune enveloppe, reposait librement sur la plaque. Sur toute sa hauteur, il était traversé par un canal également cylindrique, dans lequel s'engageait une amorce formée d'un tube mince de cuivre rouge, renfermant 1gr,5 de fulminate de mercure, et destiné à provoquer la détonation.

Fig. *a*.

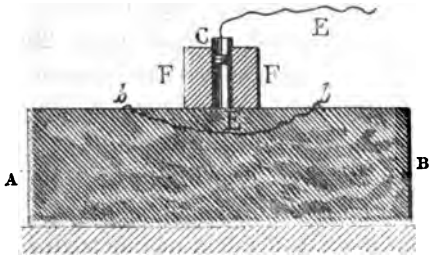
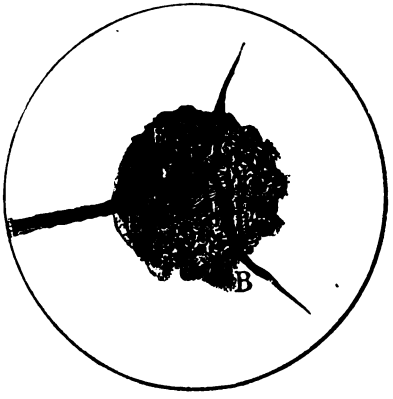


Fig. *b*.



(1) Ces expériences ont été faites à la poudrerie de Sévran, grâce à l'obligeance de M. Vieille.

(2) Fig. *a*. — Plaque en fer de forme cylindrique destinée à subir l'action érosive

Après qu'on eut fait détoner successivement, à la surface de la plaque, et dans les conditions qui viennent d'être indiquées, 15 cartouches de fulmicoton, les affouillements avaient produit une excavation générale présentant la forme d'une calotte sphérique (fig. *b*) (¹). Son rayon dépasse celui de la cartouche de 6 millimètres et sa profondeur est de 12 millimètres. C'est, comme on le voit, une cupule qui diffère surtout par des dimensions plus considérables de celles dont il a été question plus haut. Ses parois présentent une série d'inégalités mamelonnées, comme si le métal avait fondu ou s'était ramolli ; de petits bourrelets se remarquent sur les bords.

L'examen des progrès de l'excavation, après chaque détonation, conduit à supposer que les éclats de la capsule déterminent des centres d'érosion, qui n'ont acquis leurs formes actuelles que sous l'action consécutive des gaz provenant des explosions.

Le tir de 3 cartouches seulement, du poids de 10 grammes, a produit sur un disque semblable une excavation qui a le même caractère, mais avec moins de profondeur (7 millimètres), c'est-à-dire qu'elle présente l'érosion à un état moins avancé.

Observations sur la puissance mécanique des gaz, et sur les érosions, poinçonnements et refoulements qui la révèlent.

Ainsi qu'on pouvait s'y attendre, la force érosive des gaz croît très-rapidement avec leur pression et leur température ; car les gaz de la dynamite, de la nitroglycérine et du fulmicoton produisent des effets beaucoup plus accentués que ceux de la poudre, quoiqu'ils agissent pendant un temps incomparablement plus court.

---

des gaz développés par l'explosion du fulmicoton, coupe verticale de cette plaque. Sur la plaque *AB* est placé un petit cylindre *FF* de fulmicoton avec la cartouche de fulminate E, qui doit provoquer l'explosion. (Échelle de $^1/_2$.)

(¹) Fig. *b*. — Effets de l'explosion de cartouches de fulmicoton sur la plaque culaire en fer, représentée en coupe (fig. *a*). E, excavation en forme de cal sphérique dont la surface est mamelonnée, B, bourrelet faisant saillie sur une tie du bord. (Échelle de $^1/_2$.)

Comme on l'a vu, aux phénomènes purement mécaniques s'ajoutent toujours des effets calorifiques et souvent des actions chimiques. Les uns et les autres acquièrent une énergie surprenante, lorsque les gaz, au lieu de tourbillonner dans un espace clos de toutes parts, sont violemment projetés dans une direction déterminée, par exemple, lorsqu'ils s'échappent par une fissure étroite. C'est ce qu'on a constaté spécialement pour les gaz de la poudre, qui, malgré l'infériorité de la tension comparée à celle de la dynamite, ont cependant, en agissant sur l'acier, instantanément fondu, pulvérisé et sulfuré ce métal.

Dans le cas d'un tel écoulement, le métal soutire la chaleur que toutes les particules gazeuses qui se succèdent à sa surface avec une extrême vitesse, accumulent sur lui, malgré la détente qu'elles subissent déjà. En même temps, par une sorte de multiplication analogue, il arrête chimiquement et condense sur lui les molécules pour lesquelles il a de l'affinité, et c'est ainsi qu'en présence des gaz de la poudre la production de sulfure de fer est si abondante.

Les cupules excavées par les gaz de la dynamite, surtout quand elles sont profondes, présentent souvent, sur une partie de leur périphérie, un rebord ou bourrelet, en forme de bavure, qui fait saillie de 1 à 2 millimètres sur la surface générale. Ainsi, les gaz n'ont pas seulement produit des érosions, ils ont aussi arraché et refoulé le métal. L'aspect de la bavure, terminée par une crête anguleuse, aiguë et dentelée (1), ne s'expliquerait aucunement par la supposition que le fer, en présence d'une très-haute température, se serait ramolli. Pour produire son analogue, il faut avoir recours à l'action d'un poinçon d'acier poussé énergiquement par une pression, ou, mieux encore, par un choc. C'est, d'ailleurs, ce qui se voit journellement dans tous les ateliers où l'on travaille les métaux durs à l'aide d'un poinçon.

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. XIV, mai 1879, pl. VI.

Pour que la comparaison fût complète, il faudrait mettre en jeu des poinçons à tête hémisphérique, comme les innombrables empreintes gravées dans le fond des cupules. Ces cupules à rebords saillants ressemblent aussi, pour la forme et à la dimension près, au *logement* d'un projectile lancé par un canon dans une plaque de plomb, ou même dans une plaque de blindage.

Il semblerait qu'à ce premier instant, qui précède, comme on l'a vu, les effets de fracture cependant si subits, les gaz sont tellement comprimés, qu'ils se comportent comme des corps momentanément solides, qui posséderaient une forte cohérence et une dureté assez considérable pour entamer le fer.

C'est à de telles conclusions, tout extraordinaires qu'elles paraissent pour des gaz fonctionnant à l'air libre, qu'on est amené invinciblement par l'examen attentif des formes expressives qu'ils ont burinées. Ces représentations caractéristiques et durables des mouvements giratoires et des tourbillons dont ces corps étaient animés, se sont gravées elles-mêmes et en quelque sorte enregistrées sur des masses d'acier, à la manière de ce qui arrive, pour d'autres phénomènes, dans certaines expériences démonstratives de mécanique et de physique.

De très-fortes pressions modifient donc singulièrement les caractères que l'on avait crus autrefois essentiels aux trois états, solide, liquide et gazeux ; tandis qu'elles forcent les corps solides à s'écouler comme des liquides, elles font agir les gaz à la manière de corps solides et incompressibles, effaçant ainsi des démarcations consacrées par l'usage et montrant la continuité, ou mieux l'unité réelle, d'action pour les divers états de la matière.

A. Daubrée,
Membre de l'Académie des sciences.

NOTE

SUR

DEUX TRACÉS EMPIRIQUES

DE LA TRAJECTOIRE DANS L'AIR

ET SUR

L'APPROXIMATION QU'ILS COMPORTENT

§ 1. On donne habituellement le nom de trajectoire à une courbe plane qui est la projection de la trajectoire proprement dite (cette dernière étant une courbe gauche) sur un plan vertical passant par la ligne de mire qui joint l'œil au point touché par le projectile; la ligne de mire peut être horizontale ou non. Ce plan ne se confond pas avec le plan vertical de tir, lequel contient la tangente à l'origine de la courbe gauche, tangente qui n'est autre que l'axe du canon indéfiniment prolongé. Mais ces deux plans font généralement entre eux un assez petit angle pour que les projections de la trajectoire sur l'un ou sur l'autre puissent être considérées comme identiques.

La détermination analytique de la projection dont il s'agit est un problème fort complexe; mais, dans la pratique du tir, la connaissance théorique de cette courbe n'est, comme on sait, nullement nécessaire. On se contente, s'il s'agit d'une bouche à feu, de tables de tir indiquant, pour une charge donnée, les hausses et les dérives des diverses portées. Les nombres qui correspondent à ces deux éléments, ainsi qu'aux durées de trajet, aux angles de mire, aux vitesses initiales et aux écarts probables résultent généralement de l'expérience; certains autres, tels que les angles de chute, les flèches (ordonnées maxima prises

par rapport à une ligne de mire supposée horizontale), les vitesses restantes, etc., proviennent de calculs plus ou moins complexes. Ceux-ci sont basés sur des hypothèses qui sont admissibles entre certaines limites, mais dont il est à peu près impossible de vérifier numériquement la légitimité en dehors de ces limites. Toutefois la question se simplifie, comme on va le voir, quand il s'agit des trajectoires usuelles des projectiles de petit calibre.

§ 2. La théorie et l'expérience sont d'accord pour démontrer : 1° que, lorsque la ligne de mire est horizontale, l'angle de tir (plus généralement nommé angle de mire quand il s'agit d'armes à feu portatives, quelle que soit l'inclinaison de la ligne en question) est toujours plus petit que l'angle de chute ; 2° qu'il en est encore ainsi tant que l'angle d'élévation (positif ou négatif) du but par rapport à l'horizontale n'atteint qu'un petit nombre de degrés. D'après cela, on a cherché à remplacer la trajectoire (en plan vertical) par une courbe simple, telle qu'une parabole du second degré, dont l'axe serait oblique sur la verticale. Une courbe de cette espèce serait entièrement déterminée du moment que l'on connaîtrait, par exemple, la portée, l'angle de mire et l'angle de chute.

A ce sujet, le rapport n° 86 de la Commission d'expériences de Calais [1] fait ressortir un fait assez remarquable : c'est que les ordonnées d'une parabole du second degré, obtenues par un simple tracé graphique, pour une trajectoire d'une très-grande étendue (9 230 mètres), diffèrent fort peu de celles qu'on trouve par deux procédés plus ou moins laborieux (formule de Piton-Bressant et méthode de M. Bashforth). Toutefois, il faut observer que cette formule et cette méthode sont fondées toutes les deux sur des hypothèses, et que, tant qu'il ne sera pas possible de vérifier ces hypothèses au moyen de déterminations directes, rien n'autorise à préjuger, pour l'un ou l'autre de

[1] *Deuxième mission à Calais.* Études d'artillerie et résumé des travaux de la Commission jusqu'au 31 janvier 1875.

ces trois procédés, de leur degré d'exactitude, au moins pour le cas particulier dont il s'agit.

Or, les difficultés matérielles que comporte une semblable vérification disparaissent ou à peu près dans le cas de certaines trajectoires, convenablement surbaissées par rapport à leur étendue, et dont la portée totale ne va pas au delà de 1 200 mètres. Lorsqu'il en est ainsi, il semble intéressant de rechercher quelle approximation peut donner la substitution de la parabole à la courbe véritable et dans quelles conditions cette substitution est admissible.

§ 3. Nous prendrons pour exemple une trajectoire de 1 000 mètres relevée par expérience pour la balle d'un fusil de rempart qu'on avait mis en expérience il y a une dizaine d'années. Ce fusil se chargeait par la bouche et tirait, à une charge qu'il s'agissait de déterminer, une balle cylindro-ogivale du poids de 60 grammes ; le calibre était de 14^{mm}.

Parmi les trajectoires correspondant aux charges essayées, nous choisirons celle qu'avait donnée la charge de 11 grammes de poudre B. La vitesse initiale, mesurée avec l'appareil Navez-Leurs, variait entre 423 mètres et 428 mètres, soit 425 en nombres ronds. Le recul auquel cette charge donnait lieu était supportable, et l'on pouvait espérer, eu égard au poids de la balle, que la vitesse se conserverait assez longtemps pour que la flèche de la trajectoire surpassât peu ce qu'elle eût été dans le vide ($6^{m},20$ pour la portée de 1 000 mètres). La condition d'une flèche peu élevée était indispensable, la mesure d'une ordonnée devenant impossible quand la grandeur de celle-ci dépasse une certaine limite. D'autre part, quelques coups d'essai tirés à 1 000 mètres contre une plaque en fonte servant de but avaient permis de reconnaître, au moyen d'un compteur à dixième de seconde, que la durée du trajet était exactement égale à $3^{s},4$. Il en résultait, comme on le verra plus loin, que la flèche devait être supérieure à 14 mètres, hauteur plus grande que celle du dispositif qu'on pouvait utiliser pour mesurer les ordonnées.

Celui-ci était formé, comme d'habitude (fig. 1), d'un châssis formé de deux montants aussi élevés que possible, espacés d'un mètre environ, et réunis en haut et en bas par des traverses. Ce châssis, assujetti par des supports de

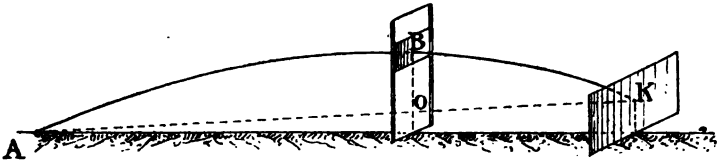


Fig. 1.

contre-appui et au besoin par des haubans, se place perpendiculairement au plan de tir, en un point de la ligne où l'on veut mesurer l'ordonnée. Un cadre d'un mètre de côté peut se mouvoir verticalement le long du châssis au moyen de deux cordes et de deux petites poulies. Sur ce cadre est tendue une étoffe légère et peu résistante de manière à ne pas diminuer d'une façon appréciable la vitesse de la balle qui doit la traverser. La hauteur à laquelle doit être placé le cadre se détermine, soit par tâtonnement, soit, ce qui est préférable, d'après la valeur approximative de l'ordonnée qu'on peut déduire d'un premier tracé graphique, ainsi qu'on l'expliquera plus loin.

Le tireur était placé en A et tirait en appuyant son arme sur un support convenable. B étant la position du cadre sur le châssis, soit ABK la trajectoire pour une certaine balle ayant touché la plaque, K le point d'impact sur la plaque, et B sur l'écran du cadre. Avec une lunette, on dirigeait un rayon visuel de A vers K; ce rayon coupait en un certain point O le plan du châssis.

Le point O une fois repéré, la distance verticale des points O et B était l'ordonnée cherchée. Les angles en O différant toujours infiniment peu d'un droit, BO pouvait être évidemment considéré comme différant très-peu de ce qu'aurait été l'ordonnée si AK eût été absolument horizontale. [illegible] BO, deux aides, sur des signaux du

tireur au point A, élevaient ou abaissaient une longue règle qu'ils maintenaient horizontale jusqu'à ce qu'elle fût arrivée à la hauteur du rayon visuel AK; il suffisait alors d'évaluer la distance verticale du point B au-dessus de la règle.

Avec un pareil procédé, si la distance est considérable ou la trajectoire peu tendue, il pourra se faire que, vers le milieu de la portée, l'ordonnée soit notablement supérieure à la hauteur des châssis dont on peut pratiquement disposer. Admettons, pour fixer les idées, qu'on soit arrivé à déterminer directement toutes les ordonnées d'une trajectoire de 800 mètres, mais que la hauteur du châssis ne permette pas de relever toutes les ordonnées pour la trajectoire de 900 mètres.

Alors on aura recours au procédé suivant, qui, bien que théoriquement approximatif, donne dans la pratique des résultats presque absolument exacts, ainsi que nous nous en assurerons.

Pour cela (fig. 2) on placera le châssis à 100 mètres de la plaque B en DGH et on tirera sur cette plaque à la distance de 900 mètres jusqu'à ce que la balle ait traversé

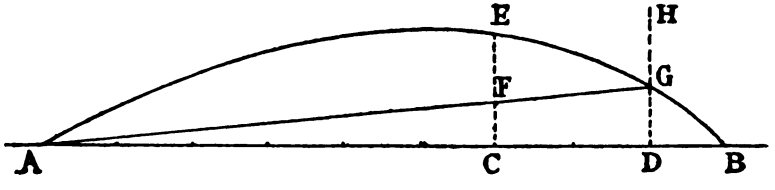


Fig. 2.

l'écran en G. Cela fait, on relèvera l'ordonnée GD, et on conviendra de déduire les ordonnées de la trajectoire de 900 mètres au moyen de celles de 800 en augmentant chacune de ces dernières d'une quantité FC proportionnelle à sa distance au point A, c'est-à-dire de $\frac{x}{800}$.

Ainsi, l'ordonnée EF de la première trajectoire devra

être augmentée de FC ainsi calculée; quant à celle du point 900 mètres, ce sera évidemment zéro.

§ 4. — Connaissant la trajectoire approximative de 900 mètres, on trouverait de la même façon celle de 1 000 mètres et ainsi de suite. Cette méthode qui, bien entendu, n'est admissible que dans certaines limites, repose, comme on le voit, sur cette hypothèse que la forme de la trajectoire ne change pas si le but ne s'élève au-dessus de l'horizontale que de quantités relativement faibles, eu égard à la portée.

Dans l'expérience sur le fusil de rempart, on avait trouvé les valeurs suivantes pour les ordonnées de la trajectoire de 800 mètres: chacun de ces nombres résulte de la moyenne de six déterminations très-concordantes, les différences de l'une à l'autre n'ayant jamais dépassé 4 centimètres.

Abscisses en mètres. .	0	100	200	300	400	500	600	700	800
Ordonnées en mètres .	0	3,229	5,730	7,461	8,301	7,998	6,620	4,022	0,00

D'autre part, les ordonnées EG FD (fig. 3), qu'on obtient en tirant successivement à 900 mètres et à 1 000 mètres de la plaque furent respectivement $4^m,782$ et $5^m,617$

Fig. 3.

(moyenne de 6 coups), de sorte qu'en ajoutant successivement aux ordonnées des trajectoires de 800 mètres et de 900 mètres des parties proportionnelles d'abord de EG, puis de FD, on trouva pour les ordonnées de la trajectoire approximative de 1 000 mètres les nombres de la série suivante :

Abscisses en mètres.	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000
Ordonnées en mètres.	0,00	4,45	8,17	11,13	13,16	14,11	13,95	12,54	9,78	5,62	0,00

Ces déterminations reviennent à supposer en définitive :

1° Que l'arc AE (fig. 3) coïncide avec la trajectoire qui correspondrait à la portée AE, si la direction AE était horizontale ;

2° Que AE peut être considéré comme égal à AC, car la plus grande différence AE — AC, ayant lieu pour AC = 500 mètres environ, n'atteint pas 4 décimètres.

§ 5. — On peut construire graphiquement la courbe qui résulte des hauteurs d'ordonnées inscrites au tableau ci-dessus. Pour cela, on fera bien d'adopter pour les ordonnées une échelle beaucoup plus grande que pour les abscisses (par exemple $\frac{1}{100}$ pour les premières, $\frac{1}{1000}$ pour les secondes) de manière à éviter d'avoir à tracer une courbe trop aplatie. A ces échelles, la trajectoire, telle qu'elle résulte des nombres ci-dessus, paraîtrait, même tracée à la main, très-régulière et très-continue.

Mais cette continuité apparente ne suffit pas pour donner les moyens de tracer la tangente en un point donné. Or, la connaissance de cet élément est indispensable si l'on veut évaluer, soit l'angle de mire, soit l'angle de chute, soit l'abscisse de l'ordonnée maxima.

Une définition géométrique de la courbe est donc ici nécessaire, et nous admettrons comme première hypothèse, sauf à la vérifier *à posteriori*, que l'ordonnée y est liée à l'abscisse x par une relation de la forme :

$$y = x tg\varphi - bx^2 - cx^3 \qquad (1)$$

φ étant l'angle de mire, b et c des coefficients absolument empiriques et dans lesquels nous ne ferons intervenir aucune constante théorique, contrairement à ce qui existe dans la formule analogue dite de Piton-Bressant.

Si l'on admet que la méthode des moindres carrés soit applicable aux nombres précédemment cités, elle donne une solution complète de la question.

Dans ce cas, en effet, on trouve pour les coefficients dont il s'agit :

$$100 \text{ tg } \varphi = 4{,}8135 \quad 100^2\, b = 0{,}31796 \quad 100^3\, c = 0{,}0016339$$

D'où l'on tire, en introduisant ces nombres dans la formule (1) et en remplaçant x successivement par 100, 200, ... 900 et 1 000, les valeurs des ordonnées inscrites au tableau suivant :

ABSCISSES.	ORDONNÉES expérimentales.	ORDONNÉES calculées.	DIFFÉRENCES.	ORDONNÉES obtenues directement.
mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
100	4,45	4,48	+ 0,03	4,43
200	8,17	8,22	+ 0,05	8,26
300	11,13	11,14	+ 0,01	11,11
400	13,16	13,12	— 0,04	»
500	14,11	14,08	— 0,03	»
600	13,95	13,91	— 0,04	»
700	12,54	12,51	— 0,03	12,47
800	9,78	9,79	+ 0,01	9,82
900	5,62	5,66	+ 0,04	5,64
1 000	0,00	0,00	+ 0,00	0,00

La somme des différences est égale à zéro et la plus grande de celles-ci, en valeur absolue, ne dépasse pas 5 centimètres. La dernière colonne fait ressortir les résultats trouvés, quand on a cherché à relever directement les ordonnées successives de la trajectoire de 1 000 mètres avec les châssis dont on disposait. La faible différence qui existe entre les nombres obtenus pour 6 ordonnées et les ordonnées correspondantes qui ont été déduites de la formule (1) justifie à la fois et l'emploi de celle-ci et le procédé indirect dont on s'est servi, sauf vérification ultérieure, pour prolonger jusqu'à 1 000 mètres la trajectoire de 800 mètres.

On déduit sans difficulté de la formule (1) :

1° Que l'angle de mire φ a pour tangente 0,048135, d'où $\varphi = 2°45'$;

2° Que l'angle de chute ω a pour tangente 0,064474, d'où $\omega = 3°41'$;

3° Que l'abscisse de l'ordonnée maxima ou flèche est égale à $535^m,71$;

4° Que cette flèche a elle-même pour hauteur $14^m,15$.

§ 6. — **Des trajectoires partielles.** — Les vérifications numériques que nous avons constatées plus haut nous autorisent à conclure que, dans les limites où nous avons opéré, l'arc partiel AE (fig. 4) de la trajectoire totale

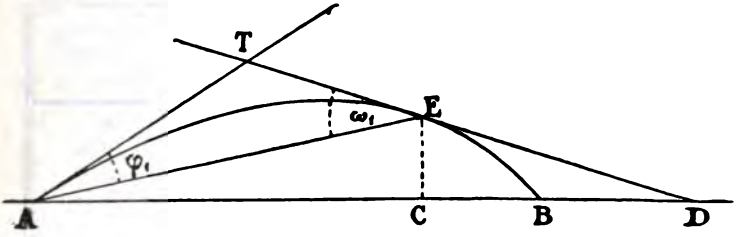


Fig. 4.

AEB est identique à la trajectoire qui correspond à la portée AE = P, supposée horizontale. Si donc on mène les tangentes en A et en E, les angles TAE, TEA pourront être considérés comme l'angle de mire φ_1 et l'angle de chute ω_1 correspondant à la portée P.

Or, on a :

$$\varphi_1 = \varphi - \text{EAD et } \omega_1 = \text{EAD} + \text{EDA}$$

d'où

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{\operatorname{tg} \varphi - \frac{y}{x}}{1 + \frac{y}{x} \operatorname{tg} \varphi} \text{ et } \operatorname{tg} \omega_1 = \frac{\frac{y}{x} - y'}{1 + y' \frac{y}{x}}$$

y' étant le coefficient angulaire pour la tangente au point E de AEB.

Mais ces angles étant fort petits peuvent être considérés comme se confondant avec leurs tangentes trigonométriques ; dès lors, le produit $\frac{y}{x}$ tgφ et $\frac{y}{x}$ y' seront, à la rigueur, négligeables comme étant des quantités du second ordre, et l'on pourra écrire, en tenant compte de la formule (1) :

$$\varphi_1 = \varphi - \frac{y}{x} = bx + cx^2 = b\text{P} + c\text{P}^2 \qquad (2)$$

$$\omega_1 = \frac{y}{x} - y' = bx + 2cx^2 = b\text{P} + 2c\text{P}^2 \qquad (3)$$

φ_1 et ω_1 étant l'angle de mire et l'angle de chute qui correspondent à la portée P.

Quand on aura calculé φ_1 au moyen de la formule (2), il est clair que l'équation de la trajectoire qui correspond à la portée P sera $y = x \operatorname{tg} \varphi_1 - bx - cx^2$, b et c étant les mêmes pour la trajectoire principale et pour les trajectoires partielles.

Néanmoins, il est utile d'évaluer l'erreur que l'on commet en négligeant les deux produits $\varphi \frac{y}{x}$ et $y' \frac{y}{x}$ dans le calcul de φ_1 et de ω_1. Or, on voit facilement que la valeur trouvée pour φ_1 est, de ce fait, toujours un peu trop grande. L'erreur relative $\frac{\Delta\varphi_1}{\varphi_1}$ est en effet égale à $\varphi \frac{y}{x}$. D'autant plus forte que la portée est plus petite, elle est nulle pour la portée totale AB $= a$ (ici 1 000 mètres); elle est maxima et égale à φ^2 pour la portée limite zéro. L'erreur relative $\frac{\Delta\omega_1}{\omega_1}$, qui affecte l'angle de chute, est égale à $-\frac{y}{x} y'$, tantôt par excès entre la portée zéro et celle des portées qui est égale à l'abscisse de la flèche pour la portée totale (ici 535^m,71), tantôt par défaut entre 535^m,71 et 1 000 mètres. Les valeurs extrêmes de $\frac{\Delta\omega_1}{\omega_1}$, abstraction faite du signe, sont comme pour $\frac{\Delta\varphi_1}{\varphi_1}$, zéro et φ^2; $\frac{\Delta\omega_1}{\omega_1}$ a deux maximum, l'un négatif pour la portée zéro, l'autre positif, entre 535^m,71 et 1 000 mètres, qui sont deux portées pour lesquelles elle est nulle.

On peut s'assurer que les erreurs absolues qui correspondent aux erreurs relatives sont des nombres très-faibles dont il y a lieu de ne pas tenir compte, du moins dans la pratique du tir, soit pour la détermination des hausses, soit pour celle des zones dangereuses. Mais ces deux erreurs peuvent avoir de l'influence sur d'autres éléments, comme on le fera ressortir plus loin.

§ 7. — **De l'emploi d'une parabole du deuxième degré.** — Nous avons vu ci-dessus que la courbe déduite de la for-

mule (1) passe aussi près qu'on peut le désirer des points déterminés par l'expérience. Cette trajectoire, tout empirique qu'elle est, peut être considérée comme se confondant avec la trajectoire elle-même, au moins pour la portée de 1 000 mètres. Il était donc intéressant de vérifier si, comme le pense la Commission de Calais, la courbe en question peut être remplacée par une parabole du deuxième degré passant par les mêmes points A et B (fig. 5), distants de 1 000 mètres, sur une

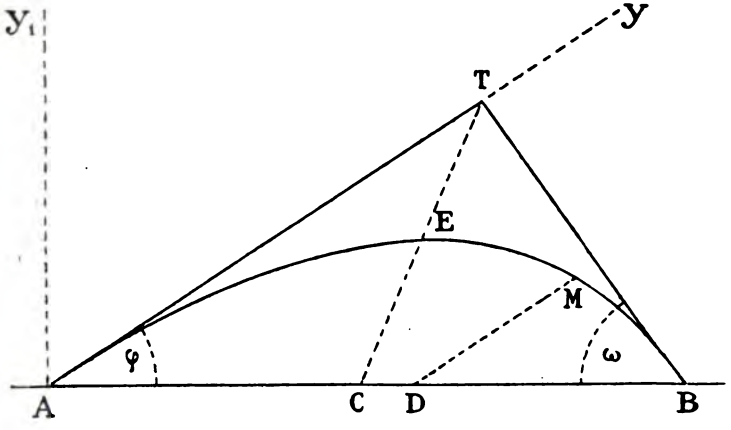


Fig. 5.

ligne horizontale et tangente en A et B, à deux lignes droites faisant respectivement avec l'horizontale les angles φ et ω, dont les valeurs ont été données plus haut.

Soit AB$=a$, la portée correspondant à 1 000 mètres dans l'exemple proposé ; les angles à la base φ et ω étant connus, le triangle TAB est déterminé. Sa médiane TC représente un diamètre de la parabole, et le milieu E de TC est un point de cette courbe. D'autre part, si l'on rapporte celle-ci aux axes obliques AB et AT, on trouvera sans peine, en posant MD$=y$ et AD$=x$, que l'équation de la parabole sera de la forme

$$y = m\left(-x + \sqrt{ax}\right) \qquad (4)$$

m étant égal à $2\,\frac{\mathrm{AT}}{a}$

Mais pour comparer les deux courbes résultant des équations (1) et (4), il faudra ramener préalablement cette dernière à des coordonnées rectangulaires Ax et Ay_1[1]. On obtiendra ainsi les résultats suivants :

ABSCISSES.	COURBE du 3me degré.	PARABOLE du 2me degré.	DIFFÉRENCES.	OBSERVATIONS.
100m	4m,48	4m,44	+ 0m,04	Dans la parabole du 2me degré, l'ordonnée maxima ou flèche est égale à 13m,78; l'abscisse de cette flèche est de 536m,28.
200	8 ,22	8 ,09	+ 0 ,13	
300	11 ,14	10 ,89	+ 0 ,25	
400	13 ,12	12 ,79	+ 0 ,31	
500	14 ,08	13 ,71	+ 0 ,37	
600	13 ,91	13 ,55	+ 0 ,36	
700	12 ,51	12 ,23	+ 0 ,28	
800	9 ,79	9 ,62	+ 0 ,17	
900	5 ,66	5 ,60	+ 0 ,06	
1000	0 ,00	0 ,00	+ 0 ,00	

On voit que la parabole du second degré, déterminée dans les conditions que nous nous sommes imposées, reste toujours au-dessous de la trajectoire vraie (ou supposée vraie). La différence des flèches est de $0^m,37$, soit environ $\frac{1}{36}$ de la valeur, écart qui ne saurait être regardé comme négligeable.

§ 8. — Néanmoins, il est possible de trouver une autre parabole plus voisine de la véritable trajectoire. Il suffit pour cela de multiplier toutes les ordonnées du tableau ci-dessus par un coefficient convenable.

En effet, l'aire S de la parabole du deuxième degré est exprimée par $\frac{a^2}{3} \times \frac{\omega\varphi}{\omega+\varphi}$; l'aire S′ de la courbe du troisième degré caractérisée par l'équation (1) est $\frac{a^2}{12}(\omega + \varphi)$.

D'où $\frac{S'}{S} = \frac{(\omega+\varphi)^2}{4\omega\varphi} = 1{,}0215$ dans le cas dont il s'agit, ou à peu près $1 + \frac{1}{47}$.

[1] Le calcul des [illegible] apparence très-pénible, s'exécute avec une grande rapidité [illegible]

Si donc on multiplie toutes les ordonnées de la 3e colonne du tableau précédent par $1+\frac{1}{47}$, les deux aires S et S′ deviendront équivalentes et se superposeront à fort peu près. Toutefois il faut remarquer que la parabole *dilatée* coupera la courbe du troisième degré en deux points, l'un vers 300 mètres, l'autre vers 700 mètres, pour se rapprocher d'elle vers le point le plus élevé. Ci-joint le tableau comparatif des ordonnées :

1	2	3	4	5
ABSCISSES.	ORDONNÉES de la courbe du 3e degré.	ORDONNÉES de la parabole du 2e degré dilatée.	ORDONNÉES expérimentales.	DIFFÉRENCES.
100m	4m,48	4m,53	4m,45	+ 0,08
200	8 ,22	8 ,26	8 ,17	+ 0,09
300	11 ,14	11 ,12	11 ,13	— 0,01
400	13 ,12	13 ,06	13 ,16	— 0,10
500	14 ,08	14 ,00	14 ,11	— 0,11
600	13 ,91	13 ,84	13 ,95	— 0,11
700	12 ,51	12 ,49	12 ,54	— 0,05
800	9 ,79	9 ,83	9 ,78	+ 0,05
900	5 ,66	5 ,66	5 ,62	+ 0,04
1000	0 ,00	0 ,00	0 ,00	+ 0,00

Les chiffres de la colonne 3 diffèrent assez peu de ceux de la colonne 2 ; ils s'éloignent, il est vrai, notablement plus de ceux de la colonne 4, ainsi qu'il résulte des différences inscrites dans la colonne 5, et la somme de ces différences n'est pas égale à zéro. Mais, en résumé, on voit que la deuxième parabole, convenablement allongée dans le sens vertical, interprète les résultats de l'expérience d'une façon encore satisfaisante. Remarquons aussi que les angles de mire et de chute qui caractérisent cette nouvelle courbe ne sont plus φ et ω, mais $\varphi\,(1+\frac{1}{47})$ et $\omega\,(1+\frac{1}{47})$.

§ 9. — Malgré sa simplicité apparente, la formule (4) ne saurait être d'aucun usage dans les déterminations expérimentales. Du moment que l'angle TAB (fig. 5) n'est pas donné, ce qui est le cas général de la pratique, la méthode des moindres carrés cesse d'être applicable et lors

même qu'on pourrait s'en servir, on ne saurait se dispenser de transformer les coordonnées obliques en coordonnées rectangulaires; de là des calculs dont la longueur suffit pour faire rejeter, analytiquement parlant, l'emploi de la parabole du deuxième degré.

Mais si l'on veut se contenter d'une solution graphique, cette courbe se recommande par la facilité du tracé, facilité qui n'exclut pas la précision. Admettons, par exemple, que l'on connaisse, indépendamment des deux points extrêmes A et B (fig. 6), non pas les angles φ et ω, ce qui n'est jamais le cas dans les applications, mais deux autres points

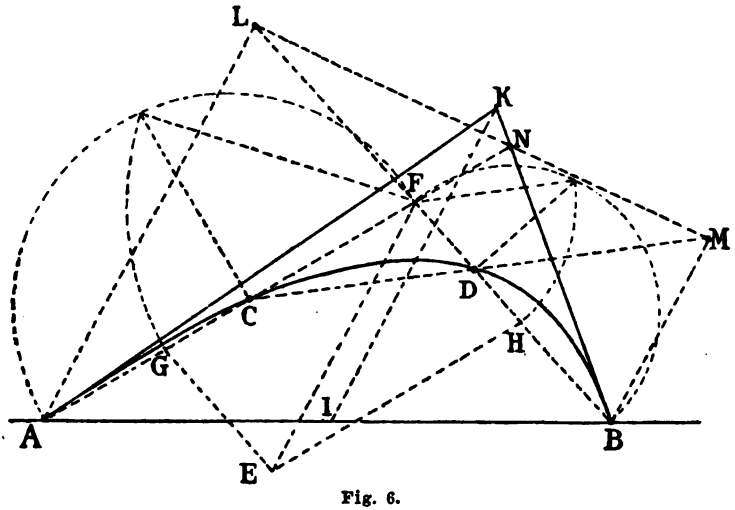


Fig. 6.

C et D de la trajectoire, qui auront pu être relevés directement avec les châssis dont on dispose. Les quatre points A, B, C et D déterminent une parabole. Pour la tracer [1], on construit un parallélogramme sur les côtés FG et FH, tels que

$$\overline{FG}^2 = FA \times FC \text{ et } \overline{FH}^2 = FD \times FB.$$

La diagonale FE est la direction de l'axe. Si par les

[1] Nous croyons devoir donner ici la solution graphique de ce problème, qui ne se trouve que dans un petit nombre de traités de géométrie.

points A et B on mène deux parallèles à FE, elles coupent les côtés BD et CD aux points L et M. Le point N, où la ligne LM rencontre le prolongement de AC, appartient à la tangente en B. Si par le point I, milieu de AB, on mène IK parallèle à l'axe, le point K de NB appartient à la tangente en A et à la tangente en B.

Quand on opère avec des échelles convenables, il est facile de mesurer les angles KAB et KBA, valeurs approchées *par excès* de φ et de ω, et d'en évaluer numériquement les tangentes. Celles-ci devront être diminuées d'une fraction de leur grandeur égale à $\frac{S'-S}{S}$, comme nous l'avons vu plus haut. Ce rapport est une fonction de φ et de ω dont on calculera facilement l'expression : on ne connaît à la vérité ni φ ni ω, mais on introduira dans l'expression de $\frac{S'-S}{S}$ les valeurs de tg KAB et de tg KBA à titre de nombres approchés, ce qui permettra de trouver le rapport en question avec une précision plus que suffisante (1).

On aura ensuite les angles de mire et de chute correspondant aux trajectoires partielles par les formules énoncées ci-dessus :

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = bP + cP^2 \qquad (2)$$

$$\operatorname{tg} \omega_1 = bP + 2cP^2 \qquad (3)$$

b et c étant déterminés par cette condition que pour $P = AB = a$, les angles φ_1 et ω_1 ont les valeurs de φ et de ω, réduites toutefois de $\frac{S'-S}{S}$ (ci dessus $\frac{1}{47}$).

§ 10. — **De la flèche.** — Reportons-nous à la parabole dilatée, et pour éviter des notations nouvelles, désignons par φ et ω l'angle de mire et l'angle de chute qui lui

(1) On peut s'assurer que, dans ce cas, l'erreur relative que l'on commettra sur $\frac{S'-S}{S}$ est égale à :

$$\frac{\omega - \varphi}{\omega + \varphi}\left(\frac{\Delta\omega}{\omega} - \frac{\Delta\varphi}{\varphi}\right)$$

antité du deuxième ordre, toujours extrêmement petite.

correspondent, valeurs approchées, au surplus, des angles véritables et leur étant proportionnelles.

Dans ce cas, la flèche f s'exprime, comme on peut s'en assurer, par la relation :

$$f = \frac{a}{2} \frac{\omega\varphi}{\omega + \varphi}, \text{ } a \text{ étant la portée.}$$

On déduit de là, pour l'erreur relative $\frac{\Delta f}{f}$ à commettre sur la flèche,

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta\varphi}{\varphi} \frac{\omega}{\omega + \varphi} + \frac{\Delta\omega}{\omega} \frac{\varphi}{\omega + \varphi}$$

D'après ce qu'on a dit plus haut, $\frac{\Delta\varphi}{\varphi}$ et $\frac{\Delta\omega}{\omega}$ sont de même signe pour les petites portées et atteignent, quand il s'agit de ces dernières, leurs plus grandes valeurs. Mais il existe encore sur l'évaluation de la flèche deux erreurs sur lesquelles on reviendra ci-dessous.

Quand on calcule séparément les flèches de toutes les trajectoires partielles, de 100 mètres en 100 mètres, entre 0 mètre et 1 000 mètres pour le fusil de rempart mentionné plus haut, on trouve une série de nombres à l'aide desquels on peut construire une courbe représentative des flèches en fonction des portées. Cette courbe tourne sa convexité vers l'axe des portées (abscisses), et cet axe lui est manifestement tangent à l'origine des coordonnées. En d'autres termes, la flèche paraît pouvoir s'exprimer en fonction de la portée par une formule empirique telle que :

$$f = mP^2 + nP_3 + \ldots \qquad (5)$$

En appliquant aux valeurs numériques des flèches la méthode des moindres carrés, on trouve que $100^2 m = 0{,}07946$ et $100^3 n = 0{,}0062$. Quant aux coefficients des puissances de P supérieures à la 3e, ils sont tellement petits qu'on peut les négliger. Les coefficients m et n introduits dans la formule (5) permettront de calculer la flèche qui correspond à une portée quelconque.

On peut vérifier que dans ces conditions la formule reproduit avec une grande fidélité (moins de 5 centimètres d'écart) les flèches des diverses trajectoires partielles qu'on déduirait des formules 1 et 2.

Or, ici le nombre m est exactement égal à $\frac{1}{4}b$, b étant le coefficient de x^2 dans la formule (1). Cette coïncidence, qui se reproduirait pour toute autre trajectoire, n'est pas due au hasard, comme on peut s'en assurer par le raisonnement. Si en effet la trajectoire dans l'air, au lieu d'être ce qu'elle est, était, comme dans le vide, une parabole à axe vertical, le coefficient c du terme en x^3 serait égal à zéro, et le coefficient b à $\frac{g}{2V_0^2 \cos^2\varphi}$, V_0 étant la vitesse initiale. Si l'on combine cette expression de b avec celle de l'angle φ en fonction de la portée P, on trouve que f ou $\frac{V_0^2}{2g} \sin^2\varphi$ devient égal à $\frac{gP^2}{8V_0^2}$ ou $\frac{1}{4} b P^2$.

Cette remarque permet de supposer que, de la valeur de b déterminée comme nous l'avons expliqué pour le cas d'une trajectoire dans l'air, on pourrait tirer une valeur U_0 au moins approchée de la vitesse initiale. Si l'on écrit, en effet, $b = \frac{g}{2U_0^2 \cos^2\varphi}$ ou plus simplement $b = \frac{g}{2U_0^2}$, $\cos\varphi$ étant toujours très-près de l'unité, on en tire :

$$U_0 = \sqrt{\frac{g}{2b}}.$$

Attribuant à b la valeur numérique qu'on a vue plus haut, on trouverait pour U_0 la valeur 394 mètres, dont le rapport à la vraie vitesse initiale (425 mètres) est 0,93. L'examen d'un grand nombre de trajectoires, correspondant aux armes en usage depuis quinze ans en France et à l'étranger, a permis de reconnaître que la moyenne de ce rapport est de 0,94.

§ 11. — **De la position des flèches.** — Le même examen a permis de conclure qu'on peut définir la position des flèches par une formule très-simple. Soit x_1 l'abscisse

d'une flèche correspondant à une portée P, on peut vérifier qu'on a toujours, à très-peu près, P variant entre zéro et 1 200 mètres,

$$\frac{x_1}{P} = 0{,}5 + kP \qquad (6)$$

k étant une constante telle que $100\,k = 0{,}004$ en moyenne. Ainsi, pour $P = 1\,000$ mètres on aurait $x = 540^m$. Dans le cas examiné précédemment, nous avons trouvé 537 mètres, et, dans le grand nombre de trajectoires qu'il nous a été donné d'étudier, cette abscisse x_1, pour $P = 1\,000$ mètres, ne dépasse jamais 544 mètres et ne s'abaisse guère au-dessous de 535 mètres.

§ 12. — **De la durée du trajet.** — Nous avons dit, en commençant, qu'en relevant à l'aide d'un compteur à dixièmes de secondes la durée du trajet pour 1 000 mètres de la balle de fusil de rempart tiré à la charge de 11 gr., on avait trouvé $3^s{,}4$. C'est exactement ce temps qu'il faudrait dans le vide à un mobile pour monter de $14^m{,}15$, hauteur de la flèche. On peut s'assurer, pour d'autres balles dont les trajectoires sont connues, qu'il en est toujours ainsi, en sorte qu'on est en droit d'écrire, t étant la durée de trajet et f la flèche,

$$t = 2\sqrt{\frac{2f}{g}} = 0{,}9030\sqrt{f}$$

Au reste ce résultat expérimental peut s'expliquer comme il suit. Observons tout d'abord que la vitesse verticale étant, dans le cas particulier qui nous occupe, relativement faible (18 mètres environ) comme il en sera chaque fois qu'il s'agira d'une trajectoire tendue, la résistance de l'air ne peut avoir sur ce corps en mouvement dans le sens vertical qu'un effet médiocre. D'autre part, on verra, si l'on réfléchit à ce qui se passe pendant le mouvement ascensionnel dans l'air, que la balle, pour monter d'une hauteur donnée $h = AB$, devra partir du point A (fig. 7) avec une vitesse plus grande que la vitesse $v = \sqrt{2gh}$

qui lui suffit pour monter dans le vide à la même hauteur. Si donc on mène en tous les points de la ligne AB des perpendiculaires à cette ligne, c'est-à-dire des horizontales dont les longueurs MP soient proportionnelles aux vitesses de ces points, ascendants ou descendants, soit dans le vide, soit dans l'air, on verra :

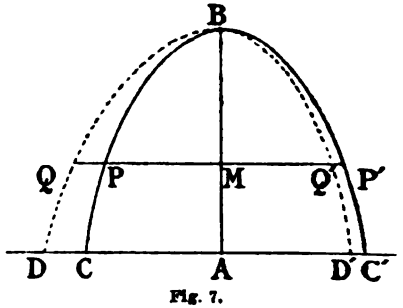


Fig. 7.

1° Que les vitesses ascendantes dans le vide seront représentées par les ordonnées d'un arc de parabole CPB dont le sommet serait en B ;

2° Que les vitesses ascendantes dans l'air correspondent aux ordonnées d'un arc de courbe DQB, enveloppant CPB et tel que toutes les vitesses MQ seraient plus grandes que les vitesses MP correspondant au même point M de AB ;

3° Que les vitesses descendantes dans le vide sont figurées par les ordonnées de l'arc de parabole BP'C' symétrique de BPC ;

4° Enfin, que l'arc BP'C' envelopperait l'arc BQ'D' des vitesses descendantes MQ' dans l'air, toutes respectivement plus petites que les vitesses descendantes MP' du mouvement dans le vide.

Les vitesses MQ étant toutes plus grandes que les vitesses MP, on en conclut que, pour monter d'une même quantité *h*, le corps mettra moins de temps dans l'air que dans le vide. Ce sera l'inverse pour la descente de B en A.

On conçoit dès lors qu'il pourra s'établir une sorte de compensation et que, si la hauteur *h* ne dépasse pas certaines limites, le temps total sera sensiblement le même dans le vide et dans l'air.

C'est ce qui arrive quand *f* égale au plus 25 mètres ou 30 mètres ; dans ce cas, les nombres donnés par la formule

et par l'expérience sont d'accord à moins de $\frac{1}{20}$ ou $\frac{1}{25}$ de seconde, les instruments dont on se sert d'habitude n'indiquant pas des fractions plus petites du temps. Si donc on admet qu'on ait exactement $t = 0{,}9030\sqrt{f}$, on voit que l'erreur relative $\frac{\Delta t}{t}$ sera égale à la moitié $\frac{\Delta f}{f}$. Autrement dit, pour une erreur de $0^m{,}10$ commise sur une flèche de 25 mètres, l'erreur à craindre sur l'évaluation de la durée ne dépasserait pas $\frac{1}{500}$ de la valeur de celle-ci ($4^s{,}5$ environ), c'est-à-dire $\frac{1}{100}$ de seconde.

Réciproquement, la flèche peut se déterminer avec une précision encore très-notable, quand on connaît la durée t. Si par exemple l'erreur commise sur une durée de $4^s{,}5$ est de $\frac{1}{25}$ de seconde, l'erreur relative $\frac{\Delta t}{t}$ sera moindre que $\frac{1}{112}$. Or f étant alors égale à 25 mètres, serait connue à moins de $\frac{1}{56}$ de sa valeur, c'est-à-dire $0^m{,}35$.

Ce procédé d'évaluation pour la flèche est évidemment d'autant plus avantageux que celle-ci est plus grande. Car l'erreur absolue Δt étant à peu près constante, l'erreur relative $\frac{\Delta t}{t}$ et conséquemment $\frac{\Delta f}{f}$ qui lui est proportionnelle, décroissent à mesure que la durée de trajet et, par conséquent, la portée augmentent.

Combinant la formule (5) avec la relation $t = 2\sqrt{\frac{2f}{g}}$, on trouve, en remplaçant P par sa projection x qui en diffère très-peu,

$$\left(\frac{x}{t}\right)^2 = \frac{g}{2b} + \frac{4N}{b}\left(\frac{x}{t}\right)^2 x.$$

Or, si x diminue indéfiniment, il en est de même pour t. Le rapport $\left(\frac{x}{t}\right)$ tend alors vers une limite qui n'est autre que la composante horizontale de la vitesse initiale (ou cette vitesse elle-même, [illegible] des angles de mire);

le second membre s'approche de plus en plus de $\frac{g}{2b}$. A la limite, on doit donc avoir pour $\frac{x}{t}$ la valeur $\sqrt{\frac{g}{2b}}$ ou U_0, valeur approchée de la vitesse initiale, au lieu de la vraie valeur V_0. Ce résultat peut s'expliquer.

En effet, nous avons dit plus haut que la détermination des flèches par le calcul de l'ordonnée maxima des trajectoires partielles comportait plus d'une cause d'erreur. Ces causes sont au nombre de trois, dont les effets s'ajoutent et dont l'influence est surtout sensible aux petites portées. Pour les retrouver, nous rappellerons les trois hypothèses principales dont nous sommes partis en faisant observer qu'elles sont soumises à certaines restrictions. Nous avons admis en effet :

1° Que l'arc de trajectoire qui correspond à une portée donnée ne change pas quand l'inclinaison de la ligne de mire varie, toutes choses égales d'ailleurs, ce qui ne saurait être théoriquement exact ;

2° Que dans ce cas, la corde de la trajectoire totale, égale à la portée partielle P, peut être considérée comme absolument égale à sa projection horizontale $P \cos\alpha$, ce qui s'éloigne d'autant plus de la vérité que α est plus grand, l'erreur relative que l'on commet dans ce cas étant proportionnelle à α^2 ;

3° Que l'équation de la trajectoire partielle a, dans ces conditions, non-seulement la même forme que celle de la trajectoire totale, mais que les coefficients de x^2 et de x^3 sont les mêmes pour toutes ; que conséquemment les ordonnées d'une trajectoire partielle doivent être égales aux portions de verticales interceptées entre la trajectoire totale et la corde égale à P, au lieu d'être évaluées perpendicurement à cette corde, ainsi que cela devrait être. Cette dernière hypothèse entraîne pour toutes ces ordonnées, la flèche comprise, une augmentation d'autant plus grande re-

lativement que α est plus grand, c'est-à-dire que la portée est plus petite.

En vertu de toutes ces raisons, les flèches des petites portées telles qu'elles résultent de la formule (5) sont trop grandes [1]. Afin d'avoir des valeurs plus exactes, nous rem-

[1] Au reste, c'est ce qui aurait lieu également dans le vide, si l'on procédait comme on l'a fait ci-dessus pour obtenir les flèches des trajectoires partielles. Soit en effet ADB l'arc de parabole (fig. 8) qui correspond à une vitesse initiale V pour un angle de tir BAF $= \varphi$; AB étant la portée horizontale.

Supposons que φ augmente progressivement et considérons une autre ligne de tir AI telle que l'angle BAI soit désigné par φ', φ' étant plus grand que φ. Le mobile

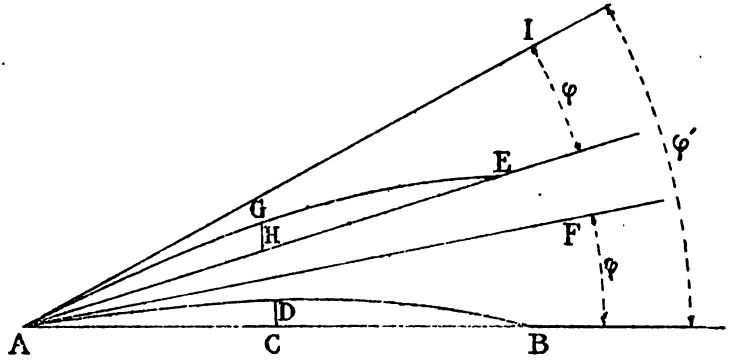


Fig. 8.

étant lancé suivant AI, avec la même vitesse initiale V, décrira une parabole qui coupera en E une ligne AE menée au-dessous de AI de façon que l'angle EAI$=\varphi$. La portée AE sera plus petite que la portée AB, comme on peut le constater, si l'on exprime leur rapport en fonction de φ' et de φ. La ligne AI tournant dans le plan jusqu'à devenir verticale et la ligne AE faisant toujours avec elle un angle φ, la portée, qui, d'abord, était AB $= \frac{V^2}{g} \sin^2 \varphi$, décroîtra jusqu'à zéro. Inversement, la flèche CD, d'abord égale à $\frac{V^2}{2g} \sin^2 \varphi$, devient GH pour l'arc AE, GH étant plus grand que CD, comme on s'en assurerait en cherchant à exprimer GH et CD en fonction de φ' et de φ, et à mesure que φ' s'approche de $\frac{\pi}{2}$, GH tend à se confondre avec la hauteur $\frac{V^2}{2g}$ due à la vitesse ascensionnelle V suivant AI, devenue verticale à la limite.

Ainsi, GH est toujours plus grand que CD. D'autre part, AE est toujours plus petit que AB; il en résulte que le point E est à gauche de la verticale du point B. Pour qu'il fût sur cette verticale, la vitesse V restant la même, il faudrait que IAE fût supérieur à φ; mais, la vitesse V ne changeant pas, les choses se passeront de la même façon que pour le cas de la trajectoire dans l'air que nous avons examiné ci-dessus, c'est-à-dire que, la nouvelle flèche GH, correspondant à une même vitesse V et à une portée plus grande, serait évidemment encore plus grande que GH, et à plus forte raison que CD.

placerons $\frac{1}{4}\,b$ par $\frac{g}{8V_0^2}$, V_0 étant égal à 425 mètres et nous calculerons à nouveau le coefficient N par la méthode des moindres carrés. Pour cela nous n'utiliserons que les flèches correspondantes aux grandes portées (de 500 mètres à 1 000 mètres) sur lesquelles les causes d'erreur que nous venons de faire ressortir n'ont que peu d'influence. Nous trouverons alors pour nos nouveaux coefficients $\frac{1}{4}\,b_1$ et N_1.

$$100^2 \times \tfrac{1}{4}\,b_1 = 0{,}06789 \text{ et } 100^3\,N_1 = 0{,}00754.$$

Avec ces nouveaux nombres, la formule (5) donnera la valeur $7^c{,}5$ pour la flèche qui caractérise la portée de 100 mètres, ce qu'on peut vérifier par une expérience directe ; dans le vide elle eût été seulement de $6^c{,}2$. La flèche pour 1 000 mètres serait de $14^m{,}33$ au lieu de $14^m{,}15$ que nous avons trouvés plus haut; l'écart est de $\frac{1}{60}$ au plus de la valeur en question et n'affecterait que de $\frac{1}{160}$ le nombre exprimant la durée du trajet.

§ 13. — **Vitesses restantes.** — De la formule (5) modifiée comme il vient d'être dit, on peut déduire immédiatement celle des vitesses restantes v. Il suffit pour cela d'y remplacer f par $\frac{gt^2}{8}$, P par x et de différentier x par rapport à t. On trouverait ainsi une expression de la forme.

$$v = \frac{\sqrt{\frac{1}{V_0^2} + Qx}}{\frac{1}{V_0^2} + 2Qx} \qquad (7)$$

qui donnera jusqu'à 1 000 mètres des résultats très-exacts pour les composantes horizontales v des vitesses restantes aux points dont l'abscisse serait x, composantes qu'on peut identifier avec les vitesses elles-mêmes. Comme vérification on doit trouver pour $x = o$, $v = V_0$. A 1 000 mètres du tireur, la vitesse restante ne serait plus que de 232 mètres.

§ 14. — La vitesse initiale V_0, quand il s'agit d'armes portatives, peut être considérée comme étant toujours connue. L'expérience a fait voir en effet qu'un poids donné de poudre à mousquet donne toujours à un même poids de plomb une vitesse initiale à fort peu près la même, quel que soit le calibre, pourvu, bien entendu, que la longueur d'âme ne soit pas trop grande ou trop petite, le vent de l'âme ou le forcement excessif, etc.

En d'autres termes la connaissance du rapport qui existe entre le poids de la charge et le poids de la balle doit impliquer celle de la vitesse initiale. A cet effet on peut consulter les chiffres du tableau ci-dessous ; ils proviennent de moyennes relevées d'après un grand nombre de vitesses. Ces dernières sont relatives à des armes de toute espèce en service ou en expérience pendant ces quinze dernières années ; les nombres inscrits dans la seconde ligne ne peuvent toutefois convenir que pour des armes dites à chambre pleine.

Rapport du poids de la charge au poids de la balle.	0,10	0,15	0,20	0,25
Vitesses initiales en mètres.	315	395	435	460

Ces nombres serviraient à construire une courbe au moyen de laquelle on trouvera par interpolation les vitesses correspondantes aux rapports intermédiaires à ceux qui sont exprimés en nombres ronds dans la première ligne horizontale. Ainsi pour 11 grammes de poudre et une balle de 60 grammes, le rapport est 0,183 ; l'ordonnée de la courbe serait sensiblement 425.

§ 15. — **Application.** — On a vu plus haut que la trajectoire est représentée, dans certaines conditions, avec beaucoup d'exactitude par une parabole à axe non vertical. Si donc on connaissait la flèche pour une portée donnée a, et la position de cette flèche, le tracé de la parabole pourrait s'effectuer immédiatement et de la façon la plus simple.

Il suffirait (fig. 9) de joindre le sommet C de la flèche CF au milieu E de la portée et de prolonger EC d'une quan-

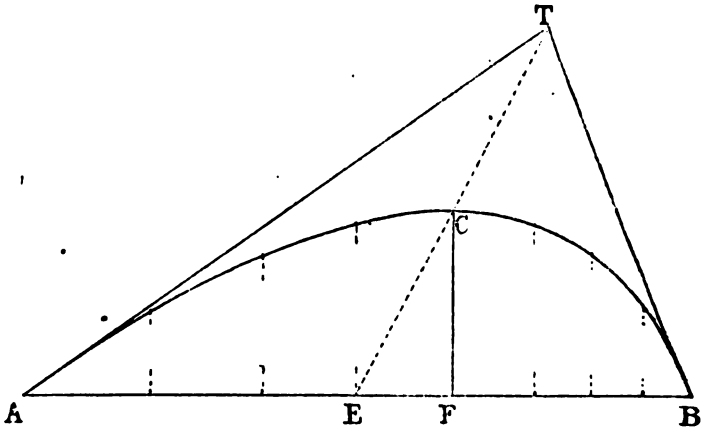


Fig. 9.

tité égale à elle-même. Le point T ainsi obtenu serait commun aux deux tangentes extrêmes TA et TB.

Supposons qu'on ait obtenu la valeur approchée de la flèche f au moyen de l'estimation de la durée du trajet, et l'abscisse approchée x_1 du point maximum par la formule (6) ; il en résultera une incertitude sur l'angle de mire φ et sur l'angle de chute ω ; mais cette incertitude peut être évaluée. En effet, dans le cas d'une parabole, on a :

$$f = \frac{a}{2}\,\frac{\omega\varphi}{\omega+\varphi} \text{ et } x_1 = \frac{a}{4}\left(1 + \frac{2\omega}{\omega+\varphi}\right)$$

Si l'on résout ces deux équations par rapport à φ et à ω, on aura les expressions des angles φ et ω en fonction de a, de f et de x_1 d'où l'on déduira facilement pour les erreurs relatives

$$\frac{\Delta\varphi}{\varphi} = \frac{\Delta f}{f} - \frac{\Delta x_1}{x_1 - \frac{a}{4}} \text{ et } \frac{\Delta\omega}{\omega} = \frac{\Delta f}{f} + \frac{\Delta x_1}{\frac{3}{4}a - x_1}$$

Soit $a = 1000$ mètres ; on peut admettre, comme nous l'avons

dit plus haut, que $\frac{\Delta f}{f}$ ne dépasse pas $\frac{1}{50}$; d'autre part, la formule (6) nous donne $x_1 = 540$ mètres; supposons que l'erreur Δx_1 soit de 3 mètres, comme dans le cas du fusil de rempart, on trouverait alors que $\frac{\Delta\varphi}{\varphi} = 0{,}0096$, valeur très-faible et manifestement négligeable, et que $\frac{\Delta\omega}{\omega} = 0{,}0343$, environ $\frac{1}{30}$ ou 2′ par degré, erreur évidemment peu importante dans les applications.

Ainsi on arrive à cette conséquence vraiment singulière, qu'un seul coup de fusil, pourvu que l'on connaisse la durée du trajet correspondant à la portée considérée, suffit pour déterminer, presque sans erreur, toute la trajectoire, et même toutes les trajectoires intermédiaires au moyen des formules empiriques que nous avons données plus haut.

§ 16. — **Du relèvement.** — Reprenons la formule (2) et concevons qu'on rapporte à deux axes rectangulaires, l'un vertical Oy, l'autre horizontal Ox, les valeurs de φ et de P. La courbe OA (fig. 10) qui réunira les sommets des or-

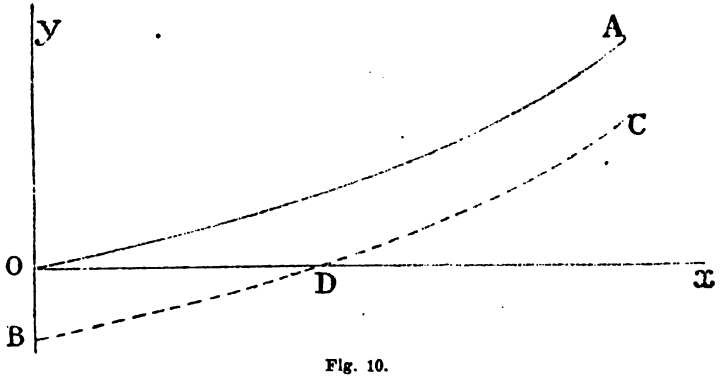


Fig. 10.

données sera évidemment une parabole passant par l'origine en tournant sa convexité vers l'axe des abscisses.

Concevons qu'on ait mené, dans le plan de tir, par le sommet du guidon une parallèle à l'axe du canon et qu'on ait mesuré, pour chaque portée, la distance h à cette parallèle du cran de mire de la hausse correspondante. Si l'on divise ensuite chaque valeur de h par la longueur de ligne de mire l qui lui est relative et qu'on mesurera sur l'arme, on obtiendra une série de quotients $\frac{h}{l}$, qui pourront être considérés comme les tangentes des angles de mire déduits de la hausse, ou comme ces angles eux-mêmes. La courbe BC de ces dernières valeurs en fonction des portées P ne se confondra pas avec la précédente, mais elle sera, si l'on a bien opéré, et si la planche de hausse a été graduée avec soin (d'après la position des points moyens observés sur la plaque à chaque distance), parallèle à la courbe OA et située le plus souvent en dessous. Elle coupera l'axe vertical Oy en un point B, et la distance OB exprimera à l'échelle adoptée pour le dessin, l'angle dit de relèvement.

Ce n'est autre chose que l'angle dont le bout du canon tourne autour de la ligne des épaules du tireur, dans le plan vertical de tir, pendant le temps très-court que la balle met à parcourir la longueur de l'âme. Il en résulte que, pour les portées comprises entre zéro et OD, toutes les hausses seront négatives, et qu'à ces distances, il faudra, pour atteindre le centre du but, viser au-dessous de ce centre un point situé sur la même verticale à une distance $P \times \frac{h}{l}$, le rapport $\frac{h}{l}$ étant un nombre qu'on trouvera sur la courbe en mesurant une des ordonnées situées sous Ox, entre BD et OD.

L'existence de cet angle provient de ce que, dans les armes portatives, la direction du canon fait un angle avec celle de la crosse. Chaque impulsion élémentaire de l'effort variable que les gaz exercent à chaque instant sur le fond de l'âme pendant que la balle se déplace, donne lieu, pour l'arme considérée indépendamment de la balle, à une quan-

tité de mouvement élémentaire. On conçoit que l'on puisse 1° évaluer à chaque instant, par rapport à la ligne horizontale des épaules du tireur, le *moment*, qui n'est jamais nul, de chacune de ces impulsions et de ces quantités de mouvement; 2° faire à part la somme des moments des impulsions et celle des quantités de mouvement, et écrire que ces sommes sont égales. On trouverait ainsi l'expression de l'accélération angulaire caractérisant le mouvement de rotation de l'extrémité du canon, autour de la ligne des épaules, au bout d'un temps fini t; ce temps serait compté à partir de l'instant où la charge a commencé à prendre feu. De là on conclurait la vitesse angulaire et enfin l'espace angulaire décrit au bout du temps t, ou autrement dit l'angle de relèvement. On verrait alors que, théoriquement, cet angle croît 1° avec celui que font ensemble la crosse et le canon; 2° avec l'effort intérieur des gaz; 3° qu'il varie en raison inverse du moment d'inertie de l'arme estimé par rapport à la ligne des épaules.

§ 17. — **De l'abaissement.** — Mais cet effet de relèvement n'est pas le seul. Le canon éprouve aussi, selon son mode d'attache à la monture, des vibrations analogues à celles d'une barre encastrée par une de ses extrémités. Si l'on considère ces vibrations dans le sens vertical, il peut se faire que l'instant où la balle sort du canon corresponde à la fin d'une phase ascendante ou descendante de vibration. Le relèvement se trouve alors augmenté ou diminué d'autant; dans ces conditions on comprend qu'il puisse s'annuler ou même se transformer en abaissement. Pour ce dernier cas, la courbe BC (fig. 10) serait au-dessus de la courbe OA, et toutes les hausses auraient une valeur positive, même pour la portée zéro. Dans certaines armes l'abaissement est très-prononcé; il était de 30′ dans le mousqueton d'artillerie modèle 1866.

Il suit de là que, si l'on désigne par φ_2 les angles de mire déduits de la hausse, angles dont les tangentes trigo-

nométriques sont $\frac{h}{l}$, ils seront exprimés par la relation

$$\varphi_2 = i + bP + cP^2 \qquad (8)$$

b et c étant les mêmes que dans la formule (2) et i exprimant le relèvement s'il est négatif, et l'abaissement, au contraire, s'il est positif.

§ 18. — **Projection horizontale.** — On obtiendra la projection horizontale de la trajectoire avec une approximation plus que suffisante si l'on admet l'hypothèse suivante qui ne saurait, dans la pratique du tir, s'écarter de la vérité d'une manière appréciable.

Étant donné un point de la trajectoire situé à une distance déterminée du tireur, la distance horizontale de ce point au plan vertical de tir (celui qui contient la tangente à l'origine) reste invariable, quel que soit l'angle de mire, pourvu que celui-ci demeure dans les limites que nous avons indiquées plus haut.

Ceci admis, la projection horizontale de la trajectoire pourra être rapportée à deux axes Ax et Ay dont l'un, Ax, sera la trace horizontale du plan de tir.

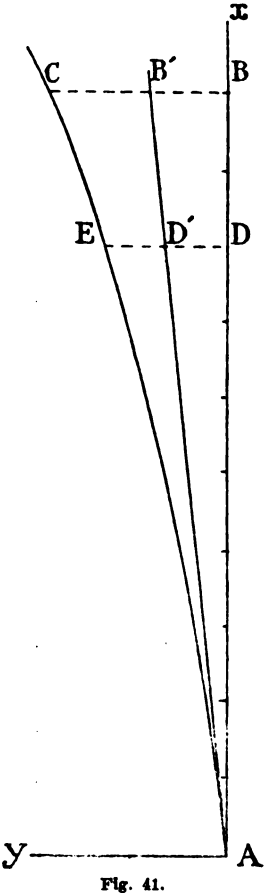


Fig. 11.

Les abscisses seront les distances des points considérés au tireur ; les ordonnées ne seront autre chose que les distances horizontales au plan de tir du point moyen correspondant à chacune des portées (fig. 11).

On trouvera une courbe telle que AC tournant sa con-

vexité vers la ligne Ax. La tangente en A à cette courbe représentera évidemment la projection horizontale de l'axe du canon au moment où la balle quitte l'âme. Si donc la tangente dont il s'agit, au lieu d'être AB, est AB′, c'est que l'axe aura subi, par suite du départ du coup, un déplacement angulaire qui se mesurera par l'angle BAB′.

§ 19. — **Du déplacement angulaire dans le plan horizontal.** — Ce déplacement est dû aux vibrations horizontales du canon. Celles-ci sont occasionnées par l'explosion des gaz, mais leur effet subit des modifications notables par suite de la présence des garnitures, du mode de distribution de celles-ci, de leur serrage et aussi par suite de certaines pièces ou vides non symétriques (leviers, échancrures) dépendant du mécanisme de culasse. L'influence de ces derniers éléments est telle que si, par exemple, on les change de côté, le déplacement angulaire dont on vient de parler, au lieu d'avoir lieu à gauche, peut se produire à droite et réciproquement.

Menons la tangente A B′ : les déviations totales par rapport au plan vertical AB sont des longueurs telles que CB, DE... ; quant aux déviations partielles BB′, DD′.. elles ne peuvent être attribuées qu'au déplacement angulaire de l'axe du canon. Les déviations complémentaires B′C, D′E... ne seront donc que celles qui dépendent du mouvement de la balle une fois sortie de l'âme, autrement dit les *dérivations* du projectile.

Voici les nombres relatifs au mousqueton d'artillerie modèle 1866 :

1	Distances en mètres . .	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
2	Déviations totales obtenues par expérience, en mètres	0,50	1,05	1,60	2,20	2,95	3,65	4,50	5,50	6,70	8,10
3	Déviations calculées, en mètres.	0,49	1,04	1,62	2,25	2,93	3,65	4,19	5,51	6,71	8,10
4	Déviations calculées dues au déplacement angulaire, en mètres.	0,47	0,95	1,42	1,89	2,36	2,84	3,31	3,78	4,25	4,73
5	Différence ou dérivations, en mètres . . .	0,02	0,09	0,20	0,36	0,57	0,81	[illegible]			

Les nombres inscrits au tableau dans les lignes horizontales nos 3 et 4 ont été obtenus empiriquement par la méthode des moindres carrés, laquelle a permis, tout en régularisant la courbe des déviations expérimentales, de mener la tangente AB′ et d'évaluer numériquement l'angle BAB′ du déplacement latéral. Cet angle a pour tangente 0,004726 d'où, pour BAB′, une valeur d'environ 16′.

§ 20. — Il résulte de là que, lorsque la balle sort du canon, le bout de celui-ci peut être regardé comme animé de deux mouvements de rotation simultanés ; le premier (fig. 12) autour d'un axe horizontal QO passant par le point d'appui O de la crosse contre l'épaule et en vertu duquel il décrirait un certain angle (30′ de haut en bas dans l'exemple qui précède) ; l'autre autour d'un axe vertical MO et qui lui fait décrire pendant le même temps un autre angle dans le plan horizontal (16′ de droite à gauche pour l'exemple précédemment cité). Le mouvement résultant serait donc une rotation autour d'un axe RO tel que $tg\,QOR = \frac{16}{30}$. En vertu de cette rotation, le bout du canon décrirait dans le plan xOy perpendiculaire à RO et de O vers x un angle égal à $\sqrt{\overline{16}^2 + \overline{30}^2} = 34'$.

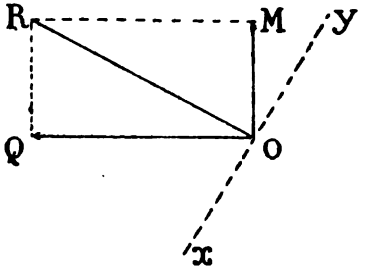


Fig. 12.

Le déplacement du canon dans le sens vertical (relèvement ou abaissement) se trouve tout corrigé par la hausse, puisque celle-ci, ainsi qu'on l'a vu plus haut, est numériquement égale au produit qu'on obtiendrait en multipliant la longueur l de la ligne de mire par l'angle φ_1 ou $\varphi_2 \mp i$, suivant qu'il y a relèvement ou abaissement. Quant au déplacement latéral ou déviation angulaire, il faudrait, pour en annuler l'effet, reporter hors du plan médian de l'arme,

et dans un sens convenable, soit le guidon, soit le cran de mire d'une quantité égale au produit de la longueur l par l'angle de déviation [1]. Ce moyen toutefois ne corrigerait que la déviation partielle, telle que BB′ (fig. 11), et non la dérivation, celle-ci n'étant point proportionnelle à la distance.

CONCLUSIONS.

§ 21. — Dans le cas général, on ne connaît de la trajectoire que les points extrêmes et les hausses qui correspondent aux portées intermédiaires; même on fera bien, pour plus de précision, de déterminer quelques-unes de celles qui caractérisent les portées supérieures de 200 ou 300 mètres à la distance des points extrêmes. De toutes ces hausses, on déduira les valeurs de φ_2 (§ 15) et on pourra tracer une courbe de celles-ci en fonction des portées. Cette courbe donnera en même temps l'amplitude du relèvement ou de l'abaissement i (fig. 13). Par le

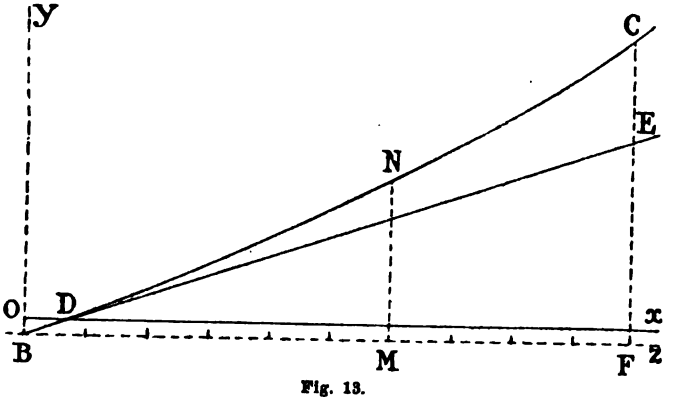


Fig. 13.

point B où elle coupe l'axe Oy, menons l'horizontale Bz; les ordonnées telles que MN seront ou devraient être les valeurs de φ_1 (§ 15) au cas où la courbe serait réellement

[1] Voir la note insérée au bas de la page 10 du tome VIII, avril 1876, de la Revue d'artillerie.

une parabole dont l'axe serait parallèle à Oy. En outre, si cette parabole représentait exactement les angles φ_1, son équation, par rapport aux axes Bz et By, serait

$$\varphi_1 = bP + cP^2$$

b étant égal à $\frac{g}{2U_0^2}$, U_0 étant, comme nous l'avons dit (§ 10) moyennement égal aux 0,94 de V_0 que l'on connaît toujours à fort peu près (§§ 10 et 14).

Il en résulte que si, par le point B, on mène BE telle que $tg\,EBz = b$, on pourra tracer plusieurs paraboles dont l'axe soit parallèle à Oy et qui soient tangentes à cette ligne en B. Celle qui passera le plus près des points résultant de l'expérience pourra être choisie comme correspondant aux valeurs de φ_1. On évaluera donc à l'échelle du dessin la longueur CE qui ne sera autre que cP^2, P étant la portée extrême d'où l'on déduira c.

Reportant les valeurs de c dans les formules (2) et (3) du § 6, on calculera sans difficulté toutes les valeurs de φ_1 et de ω_1 ainsi que celle des angles extrêmes φ et ω.

Si l'on se contente d'un tracé approximatif, on pourra procéder de deux façons différentes.

Ou bien on multipliera φ et ω par ce rapport que nous avons appelé $\frac{S'}{S}$ et l'on décrira la parabole du second degré à axe non vertical, comme on l'a dit au § 7.

Ou bien, connaissant toutes les valeurs de φ_1, on tracera, autour du point A (fig. 14), une série de lignes divergentes, inclinées successivement sur la ligne de tir AT de quantités égales à ces valeurs, puis, marquant sur AB des longueurs proportionnelles aux portées successives et élevant des ordonnées MN aux points de division M jusqu'à la rencontre des divergentes qui leur correspondent, on déterminera tous les points de la trajectoire (§ 6).

Ce dernier procédé, en apparence plus exact, ne peut donner, du moment qu'il reste purement graphique, que des résultats peu satisfaisants. Si l'on tient à plus de pré-

cision, on calculera par la méthode des moindres carrés, en partant des valeurs de φ_2, les trois coefficients de la formule (8) (voir au § 17), y compris le relèvement ou

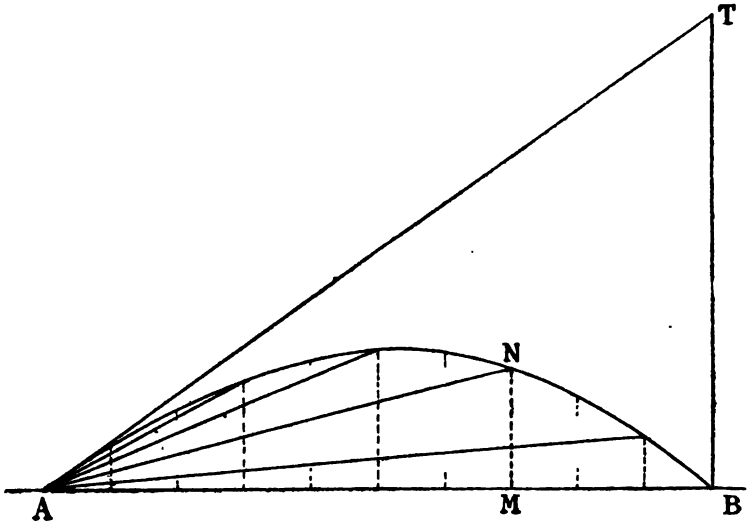


Fig. 14.

l'abaissement i; puis on en conclura les valeurs de φ_1 ou $\varphi_2 \pm i$ en fonction des portées, autrement dit la formule (2) et, de là, la formule (1), c'est-à-dire l'équation de la trajectoire.

LEFÈVRE (J. B. V.),
Chef d'escadron d'artillerie.

NOTE

SUR UN

TÉLÉMÈTRE DE CAMPAGNE

Le principe de l'instrument est commun à la plupart des télémètres; il consiste à mesurer l'angle au sommet d'un triangle rectangle.

Soit à mesurer la distance SB d'une station S à un but B (fig. 1); déterminons une base SS′ perpendiculaire à SB et de longueur connue. Joignons S′B; on a $SB = \frac{SS'}{\text{tg } SBS'} = \frac{b}{\text{tang } \alpha}$.

Tout revient à évaluer cet angle au sommet; la description de l'instrument montrera comment cette question est résolue.

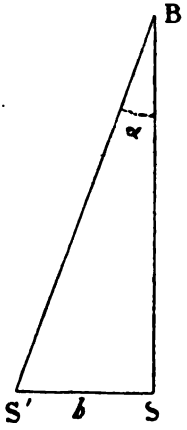


Fig. 1.

Description de l'instrument.

Le télémètre se compose essentiellement d'une lunette terrestre L (fig. 2) portant un réticule. Cette lunette est fixée sur un support C.

L'ensemble de la lunette et du support peut tourner autour d'un pivot fixé au cadre de l'instrument à l'une des extrémités du support. Ce mouvement est obtenu au moyen d'une vis V qui s'engage dans un écrou E fixé au support; cet écrou peut recevoir un léger mouvement de rotation autour d'un axe *a*.

Le support porte à son autre extrémité une petite tige d'acier *t* qui s'engage dans une fourchette formant la petite

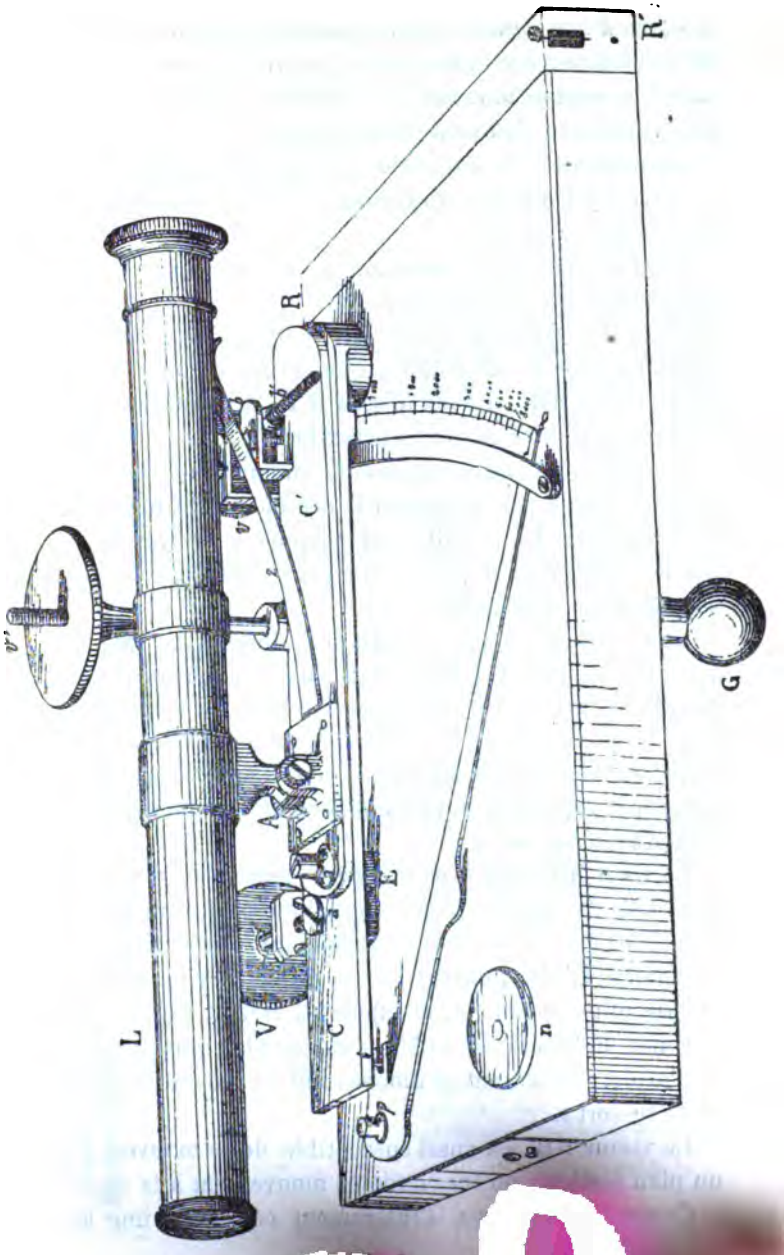


Fig. 2.

branche d'une aiguille coudée mobile autour d'un pivot *p*. Si l'on fait tourner la lunette au moyen de la vis V, on déplace la grande branche de l'aiguille, et ce déplacement est évidemment fonction de la distance.

La fourchette de l'aiguille et la tige du support sont recouvertes par une pièce métallique qui les protége. (Non figurée sur le croquis.)

Pour déterminer la direction de la base qui doit être perpendiculaire à la première ligne de visée, on a placé sur un bord du cadre un viseur RR′ perpendiculaire à la lunette. Ce viseur est double, c'est-à-dire qu'on peut viser dans le sens RR′ ou dans le sens R′R, les deux lignes de visée étant parallèles par construction.

Le cadre tout entier est mobile autour d'un axe central qui se termine par un genou G destiné à être placé dans une coquille. La coquille est adaptée à un trépied. Un niveau sphérique *n* permet de placer toujours le cadre sensiblement horizontal.

La vis *v* sert à déplacer l'axe de la lunette par rapport à l'axe du support C ; Ces deux axes sont primitivement parallèles, mais il est utile, comme nous le verrons plus loin, de pouvoir leur faire décrire un petit angle. On y arrive en déplaçant le support C′ avec lequel la lunette fait corps, par rapport au support général C. Ce mouvement a lieu autour de l'axe *a*′.

La vis *v* fait corps avec une petite sphère *b*, et s'engage dans une deuxième sphère métallique *b*′ qui lui sert d'écrou. La sphère *b* est rendue solidaire du cadre, la sphère *b*′ du support C′. En tournant la vis, on déplace le support C′ et, par suite, la lunette, le support C restant fixe.

Enfin, la lunette est mobile dans un plan vertical autour de l'axe A; on obtient ce mouvement au moyen de la vis *v*′ et du ressort *z*.

Le viseur RR′ est aussi susceptible de se mouvoir dans un plan vertical; on lui donne ce mouvement à la main.

Comme accessoires, l'instrument comporte une mire

susceptible d'être fixée sur un trépied analogue à celui qui doit porter l'instrument et un cordeau pour mesurer la base. On peut se servir du trépied de la boussole de batterie qui est léger et peu encombrant ; il suffit pour cela d'avoir une tête que l'on visse sur le trépied et qui entre dans la douille du genou de l'instrument.

Détail d'une opération.

Placer l'instrument sur son pied à la station S, viser le but B au moyen du mouvement général, après avoir placé le cadre horizontalement, l'aiguille étant au trait ∞ d'une série de graduations qui se trouvent à l'extrémité de la grande branche de l'aiguille.

Déterminer une direction perpendiculaire à SB au moyen du viseur RR′, mesurer sur cette direction une longueur donnée, 40 mètres par exemple, et placer à l'extrémité de la base en S′ la mire sur son pied.

Laissant les deux pieds en position, transporter l'instrument en S′ et la mire en S. Viser de nouveau sur la mire en se servant de la deuxième ligne de visée R′R du viseur (1).

Dans cette position, la lunette est parallèle à sa première direction, il ne reste plus qu'à la ramener sur le but, et à lire la distance sur la graduation.

On abrége beaucoup l'opération en la modifiant de la manière suivante : à la première station, on ne pointe la lunette au moyen du mouvement général qu'approximativement, puis, la mire étant placée comme il a été dit, on vise exactement la ligne de

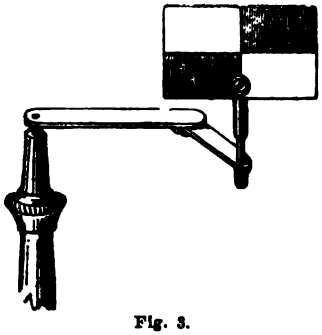


Fig. 3.

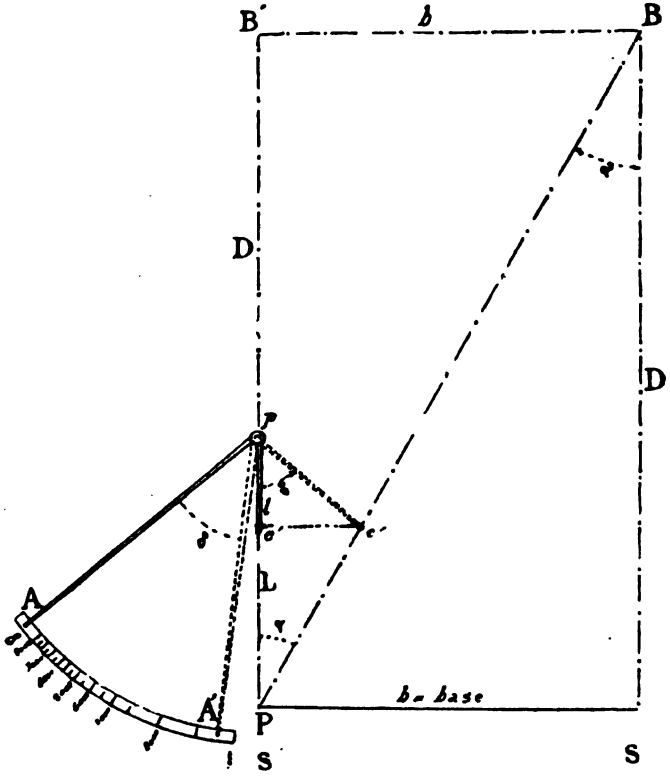
(1) Le viseur n'étant pas au centre de l'instrument, il est nécessaire, dans cette deuxième partie de l'opération, de placer la mire à l'extrémité d'une rallonge (fig. 3) qui corrige l'erreur d'excentricité. L'aide qui place [illegible] l'avoir à sa gauche quand [illegible]nt.

foi au moyen du viseur; cela dérange un peu la lunette; on la pointe alors tout à fait exactement au moyen de la vis *v*. Le reste de l'opération n'est pas modifié.

A la deuxième station, on peut à l'avance ramener l'aiguille de l'∞ vers une division voisine de la distance présumée, mais, avant de faire la lecture, il faut s'assurer que le viseur est bien pointé sur la mire, et qu'on n'a pas détruit la coïncidence en touchant l'appareil par inadvertance.

Graduation de l'instrument.

Réduisons l'aiguille et la lunette à leurs axes, ainsi que le support C dont l'axe a la même projection que l'axe



Fi 4.

optique de la lunette dans sa position normale. Supposons d'ailleurs qu'on ne détruise pas cette coïncidence (en se servant de la vis v).

Soit P (fig. 4) la projection du pivot du support, p celle du pivot de l'aiguille, c le point de contact de la tige du support avec la petite branche de l'aiguille. Lorsque je ramènerai la lunette sur le but B dans la deuxième station S', elle prendra la position PB. Le point de contact c viendra en c', la petite branche de l'aiguille en pc', la grande branche pA fera avec sa position primitive un angle $\delta = cpc'$.

L'arc cc', décrit du point P comme centre, peut être confondu avec sa tangente ; cela résulte de ce que l'angle cPc' égal à α est toujours très-petit.

Ceci étant, on a $\operatorname{tg} \delta = \frac{cc'}{pc}$ (1) ; pc est la longueur l de la petite branche de l'aiguille ($l = 0^m,01$ dans l'instrument) ; d'autre part, les deux triangles BB'P, $c'c$P sont semblables, et donnent :

$$\frac{cc'}{BB'} = \frac{cP}{PB'}, \text{ d'où } cc' = \frac{BB' \times cP}{PB'}$$

BB' = b (la base).

cP = L, la distance du pivot P au centre de la tige t du support.

PB' = D, la distance du but.

On a donc :

$$cc' = \frac{b \times L}{D}$$

portant cette valeur dans l'équation $\operatorname{tg} \delta = \frac{cc'}{pc}$, on a :

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{b \times L}{l \times D}$$

b, L, l sont des constantes, on a donc $\operatorname{tg} \delta = \frac{K}{D}$.

(1) La valeur maximum de l'angle α est : $\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,006}{0,15}$, $0^m,15$ étant la longueur cP dans l'instrument, $0^m,006$ est la valeur de cc' pour la distance de 1000 mètres avec la base de 40 mètres.

Il suffit de donner à D les différentes valeurs, et on déduit les valeurs correspondantes de δ.

Cette formule fait voir que si la base est, par exemple, double ou moitié de celle qui répond à la graduation, il suffit de multiplier ou de diviser la lecture par 2.

Le coefficient K peut se calculer directement, puisque les longueurs L et l sont connues; cependant, dans le cas où le constructeur ne serait pas parvenu à les obtenir exactement, il suffirait de déterminer expérimentalement le coefficient K, en opérant sur une seule distance connue, et on achèverait alors la graduation sans avoir besoin d'autres observations.

Nous avons supposé, dans ce qui précède, que l'axe optique de la lunette et celui du support étaient parallèles, cela n'est plus vrai si on se sert de la vis v. Dans ce cas, l'axe du support restera perpendiculaire à la base, et l'axe optique de la lunette fera (fig. 5) un petit angle ε avec lui. Cet angle ε est d'ailleurs le même à la station S et à la station S'.

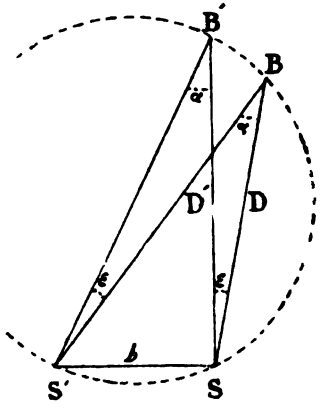


Fig. 5.

Soit SB l'axe optique, SB' l'axe du support; dans la deuxième station, l'axe du support viendra en S'B' et, en réalité, on évaluera la distance SB' au lieu de la distance SB. Il est facile de voir que cela est sans importance.

En effet, les deux triangles SS'B, SS'B', donnent

$$\frac{D}{b} = \frac{\sin BS'S}{\sin S'BS} = \frac{\sin [180^\circ - \alpha - (90^\circ + \varepsilon)]}{\sin \alpha}$$

$$= \frac{\cos (\alpha + \varepsilon)}{\sin \alpha} \qquad (1)$$

et $$\frac{D'}{b} = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \qquad (2)$$

Divisant la formule (2) par la formule (1) on a :

$$\frac{D'}{D} = \frac{\cos \alpha}{\cos (\alpha + \varepsilon)}, \text{ d'où } D' - D = D \left(\frac{\cos \alpha - \cos (\alpha + \varepsilon)}{\cos (\alpha + \varepsilon)}\right).$$

Si on donne à ε sa valeur maximum d'après la construction de l'instrument :

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{0^m,004}{0^m,12},$$

on a pour $D = 1\,000$ $D' - D = 2$ mètres,
$D = 3\,000$ $= 3$ —
$D = 4\,000$ $= 4$ —
valeurs négligeables.

Il n'y a donc aucun inconvénient à faire varier l'axe optique par rapport au support, et, comme cela abrége beaucoup l'opération, il ne faut pas négliger de le faire.

Résultats pratiques.

L'instrument a été construit conformément au dessin (¹) ci-joint.

Vingt observations indépendantes faites sur un point situé à 2 750 mètres (d'après la carte) ont donné les résultats suivants :

Distance moyenne = 2 745.

Écart moyen = $24^m,7^m$.

Écart maximum = 55 mètres, atteint une fois sur 10.

2 700	2 750	2 800	2 725	2 720
2 750	2 700	2 750	2 800	2 775
2 775	2 775	2 780	2 775	2 750
2 725	2 750	2 750	2 725	2 725

Résultats provenant d'une seule observation, en prenant des points quelconques.

Distance observée.	Distance d'après la carte.
2 700 (base de 40 mètres).	2 700 mètres.
2 100 id.	2 100 —
3 550 id.	3 490 —
4 350 id.	4 400 —
850 (avec la base de 20 mètres).	880 —

(¹) Le prix du premier modèle est de 100 fr.

L'usage de l'instrument ne nécessite aucun apprentissage.

L'opérateur fait placer la mire par un aide qui n'a besoin d'aucun exercice préalable, il pourrait à la rigueur la placer lui-même ; mais cela serait incommode, et on doit y renoncer d'une façon absolue.

M. Hermite,
Capitaine d'artillerie.

RENSEIGNEMENTS DIVERS.

Allemagne : Simulacre de siége de Coblentz. — Un simulacre de siége comportant travaux de tranchées et guerre de mine, devait avoir lieu sur le plateau du fort Alexandre en août et septembre. En voici le programme d'après la *Gazette de Cologne* du 6 août :

« On commence le 11 août le grand simulacre de siége avec guerre souterraine qui doit avoir lieu cette année à Coblentz. Ces exercices seront exécutés par le bataillon de pionniers du Rhin n° 8 et les compagnies de mineurs des bataillons suivants :

Bataillon de pionniers de Westphalie n° 7,
— — du Schleswig-Holstein n° 9,
— — du Hanovre n° 10,
— — de Hesse n° 11,
— — de Saxe n° 12,
— — de Wurtemberg n° 13,
— — de Bade n° 14.

Il n'a encore été pris aucune décision au sujet de la participation de la compagnie de mineurs du bataillon de pionniers n° 15 à ces exercices ; le ministère de la guerre doit donner des instructions à ce sujet en se conformant à l'ordre de cabinet relatif aux manœuvres du XVe corps ; les grandes manœuvres d'automne de ce corps commenceront en effet avant l'achèvement du simulacre de siége en question. Ainsi, il y a en tout sept compagnies de pionniers (mineurs), étrangères au VIIIe corps, convoquées pour ces exercices, et elles doivent arriver à Coblentz le 9 de ce mois. Les travaux seront exécutés sur le plateau du fort Alexandre et s'étendront non-seulement à ce fort lui-même, mais encore au fort Grand-Duc-Héritier ; la batterie de la Moselle jouera

également un rôle dans ce simulacre de siége dont la durée totale sera de six semaines. Cet espace de temps sera divisé en quatre périodes.

La première durera une semaine; elle comprendra les opérations de l'investissement, l'organisation de la première position d'artillerie, la prise de possession du terrain avancé, l'installation des dépôts et l'ouverture des première et deuxième parallèles ; une grande partie de ces travaux ne pourra être exécutée en réalité ; ils se réduiront à un exercice pratique sur la guerre de siége pour les officiers.

On consacrera deux semaines aux opérations de la deuxième période ; elles comprendront l'établissement des batteries de la deuxième position d'artillerie, et des communications jusqu'à la troisième parallèle. Ces travaux seront complétement exécutés, à peu d'exceptions près. A cette période, se rattacheront également la prise du fort Grand-Duc-Héritier, l'achèvement de la troisième parallèle et l'organisation du logement des mines pour la guerre souterraine.

Pendant la troisième période, dont la durée sera également de deux semaines, aura lieu la guerre souterraine, et on exécutera le couronnement du chemin couvert. C'est pendant la deuxième semaine de cette période que l'artillerie commencera à prendre part aux exercices; elle établira des parcs et des dépôts, tracera des batteries et fera des reconnaissances. C'est aussi pendant ce temps que l'on procédera à la construction et à l'armement des batteries que l'on suppose pouvoir encore agir à cette époque du siége ; on fera le service dans ces batteries, et on organisera des parapets pour abriter des mortiers légers.

La quatrième période durera une semaine ; elle comprendra l'organisation de la descente et du passage de fossé ainsi que l'assaut donné au fort Alexandre ; les questions relatives aux dernières mesures à prendre par l'attaque et par la défense seront étudiées et élucidées contradictoirement avec les officiers d'artillerie.

L'explosion de fourneaux de mine à forte charge, qui aura lieu dans les premiers jours du mois prochain, constitue pour le public la partie de beaucoup la plus intéressante de ces exercices. Ce simulacre de siége, dont la direction est confiée au colonel von Adler, inspecteur de la 4e inspection de pionniers à Coblentz, sera terminé le 20 septembre; le 21, les compagnies de pionniers qui ne font pas partie du VIIIe corps regagneront leurs garnisons respectives. » (*Revue militaire de l'étranger.*)

Allemagne : Cartouches de fulmi-coton comprimé. — On vient d'expérimenter à Hambourg des cartouches de fulmi-coton comprimé sous forme d'une masse solide d'un maniement complétement inoffensif. Cette cartouche est pourvue d'une enveloppe imperméable munie d'une ouverture pour le logement de l'amorce qu'on enflamme par le choc ou par l'électricité. La dynamite se congèle à une température de 8 degrés et peut s'enflammer spontanément sous l'influence d'une haute température, tandis que le fulmi-coton comprimé reste insensible à toutes les variations comprises entre 120 degrés et 10 degrés au-dessous de zéro. Le choc d'une balle et celui d'un poids de 5 kil., tombant d'une hauteur de 5 mètres, ont bien enflammé la cartouche, mais sans déterminer d'explosion.

(*Army and Navy Journal.*)

Allemagne : Livraisons de canons Krupp à l'étranger. — L'usine d'Essen exécute, pour le Danemark, un certain nombre de canons destinés à l'armement de canonnières de côte, et, pour la Suède, une batterie de canons de campagne. Elle vient d'envoyer plusieurs canons à la Bolivie et a fait présent, au nouveau Khédive, d'un canon de gros calibre. (*Army and Navy Journal.*)

Angleterre : Canon de campagne de 13 livres. — La *Revue* (1) a publié récemment quelques renseignements sur

(1) Voir *Revue d'artillerie*, tome XIV, page 281 (juillet 1879).

les dimensions de ce canon, qui vient d'être essayé à Hay et dont le tir a fourni des résultats remarquables, supérieurs même à ceux qu'on attendait.

Peu après l'adoption des pièces de 9 livres et de 16 livres pour le service de l'artillerie de campagne, on avait cherché à construire des bouches à feu pouvant rivaliser avec les canons allemands de 8 et 9 centimètres. Parmi les pièces essayées, le canon de 13 livres, désigné primitivement comme étant de 12 livres, a fourni les meilleurs résultats sous tous les rapports. Les premières pièces à l'essai avaient donné une vitesse initiale de 512 mètres et une portée de 2750 mètres, sous un angle de tir de 5 degrés, mais le nouveau canon de 13 livres, qui diffère, du reste, très-peu de la pièce expérimentée tout d'abord, a fourni, dans les derniers tirs, des résultats encore meilleurs. A 550 mètres, il a atteint 35 fois la cible sur 40 coups, tandis que le canon de 16 livres, tiré comparativement, n'atteignait la cible que 18 fois. A 5 000 yards (4 572 mètres), les résultats ont dépassé toute prévision. On avait placé à cette distance une cible représentant un affût et son avant-train, occupant une longueur de 5 à 6 mètres. Tous les coups sont tombés dans un rectangle de 12 mètres de long, dont le but occupait le centre. A la même distance, le tir du canon de 16 livres n'était pas comparable à celui que l'on vient de citer.

On a fait aux affûts qui portent les canons de 13 livres quelques améliorations de détail, les coffres s'ouvrent par derrière et l'essieu est muni d'un frein automatique.

(*The Army and Navy Gazette.*)

Angleterre : Tir du canon de 80 tonnes. — On a essayé, dans la première quinzaine de septembre, au polygone de l'Arsenal royal, un des canons de 80 tonnes construits à Woolwich pour l'armement de l'*Inflexible*. Dans le but de lui donner des qualités comparables à celles du canon de 40c Krupp, on a porté le calibre de cette pièce de

15,5 pouces (39c,4) à 16 pouces (40c,6), et agrandi la chambre. Le projectile pesait 1 760 livres (798 kil.), la charge 445 livres (202 kil.); on obtint une vitesse initiale de 1 657 pieds (505 mètres), résultats que les journaux anglais considèrent comme supérieurs à ceux obtenus avec le canon Krupp de 40c [1].

Les trois autres canons de 80 tonnes de l'*Inflexible* ont subi, depuis, les mêmes épreuves d'essai d'une manière aussi satisfaisante.

(*The Standard* et *the Army and Navy Gazette.*)

Angleterre : Réception des canons de 100 tonnes. — Le dernier des quatre canons de 100 tonnes acquis à sir William Armstrong par le gouvernement anglais, a exécuté son tir d'épreuve à l'Arsenal royal et a été reçu après avoir subi, comme les précédents, ses essais préalables.

(*The Army and Navy Gazette.*)

Angleterre : Le canon de 10 pouces d'Elswick. — Ce canon pèse moins de 20 tonnes. Il a tiré, le 11 septembre, un projectile de 300 livres (136 kil.); on a obtenu une vitesse initiale de 2 110 pieds (644 mètres), correspondant à une pression de 9 261,6 pieds-tonnes (2 868 tonnes-mètres) et à une pénétration de 19,67 pouces (50 centimètres).

(*The Engineer.*)

Angleterre : Le nouveau canon de 6 pouces Armstrong. — Les dernières expériences faites au polygone de sir W. Armstrong viennent de démontrer la supériorité de son canon de 6 pouces et 4 tonnes, se chargeant par la culasse, sur le canon de 7 pouces, se chargeant par la bouche, actuellement en service.

L'une des pièces les plus petites employées dans la marine anglaise pour le tir contre les cuirasses, est le canon

---

[1] Voir *Revue d'artillerie*, septembre 1879, p. 502.

de 7 pouces (178 millimètres), du poids de 6 $^1/_2$ tonnes, qui lance un projectile de 52 kil. avec une vitesse initiale de 467 mètres et traverse 7 pouces (178 millimètres) de cuirasse à 900 mètres. Le canon immédiatement au-dessous pèse 4 800 kil. ; son projectile, de 29 kil., ne traverse une cuirasse de 10 centimètres qu'à une petite distance.

Le canon Armstrong de 6 pouces (152 millimètres) se charge par la culasse ; il pèse 4 tonnes et lance un projectile en acier de 36 kil. qui a perforé une plaque de 12 pouces (305 millimètres), la pointe restant à $0^m,31$ de la face de la plaque ; la charge était de 17 kil., la vitesse initiale de 627 mètres.

Un obus en acier de $45^k,4$ lancé par une charge de $9^k,760$ de poudre, a percé une plaque de 8 pouces (203 millimètres) la pointe restant à plus de $0^m,15$ de l'arrière de la plaque.

Un obus de 36 kil., à la charge de 14 kil., a traversé une plaque de 10 pouces (254 millimètres) et s'est arrêté à $0^m,21$ de la face arrière.

Des charges plus faibles ont donné des résultats relativement plus remarquables. Le projectile de 36 kil., à la charge de $7^k,980$, a traversé complétement une plaque de 6 pouces (152 millimètres), sans se briser.

(*Broad Arrow.*)

Angleterre : Le pistolet Tranter. — Un revolver à six coups, présenté par MM. Tranter, de Birmingham, a été adopté par le War-Office, en juillet 1878, pour le service de l'armée anglaise. Le canon a 6 pouces (152 millimètres) de long ; il est rayé au pas de 22 pouces (559 millimètres) ; l'arme pèse 2 livres 7 $^1/_2$ onces ($1^k,120$).

(*Army and Navy Journal.*)

Autriche-Hongrie : Approvisionnements de cartouches. — L'adoption de la cartouche renforcée, modèle 1877, a amené des modifications dans l'approvisionnement des

troupes aussi bien que dans le nombre et l'aménagement des voitures et caisses à munitions.

Les approvisionnements du temps de paix et du temps de guerre seront réglés de la façon suivante :

Pour l'infanterie, en temps de paix, chaque sous-officier sera pourvu de 10 cartouches (1 paquet). Chaque soldat en aura 20 (2 paquets).

En temps de guerre, chaque sous-officier portera 20 cartouches et chaque soldat en aura 70.

Pour la cavalerie, les hommes armés de la carabine auront 10 cartouches en temps de paix et 50 en temps de guerre.

Pour les corps spéciaux, les sous-officiers et soldats auront 10 cartouches en temps de paix. En cas de guerre, on en donnera 20 aux sous-officiers et 30 aux soldats.

A chaque bataillon d'infanterie ou de chasseurs, on a affecté deux voitures à munitions au lieu d'une seule, en ajoutant aux effectifs actuels, 2 conducteurs, 4 chevaux de trait et une voiture.

Les voitures à munitions de bataillon modèle 1863-1875, ainsi que les caissons des colonnes de munitions, aménagés pour le service de campagne, portent 21 000 cartouches renforcées pour fusil ; pour la guerre de montagne, les voitures de bataillon n'en renferment que 17 400, celles des colonnes de munitions 15 960 seulement. Les mêmes voitures affectées à la cavalerie peuvent également porter 25 500 cartouches de carabine et 1 980 cartouches de revolver.

Une caisse de cartouches renforcées modèle 1877 renferme 1 000 cartouches d'infanterie réunies par boîtes de 10 ou 1 500 cartouches de carabine.

A part les modifications apportées dans le chargement des voitures, les colonnes de munitions des régiments d'artillerie de campagne ne subiront aucun changement dans leur composition. (*Vedette.*)

Italie : Canons de 100 tonnes.— Le gouvernement italien

vient de commander à l'usine de sir W. Armstrong et Cie, 8 nouveaux canons de 100 tonnes, *se chargeant par la culasse*. Ces canons sont destinés à l'armement de deux nouveaux navires cuirassés : l'*Italie* et le *Lépante*. (*Vedette*.)

Russie : Mise à l'étude d'un nouveau canon de montagne démontable. — Le comité d'artillerie russe a émis, en mars 1879, l'avis de mettre à l'étude une pièce de montagne destinée à remplacer le canon de 3 livres en bronze, se chargeant par la culasse, actuellement en service (1). Le procès-verbal de la délibération se termine par l'énoncé des conditions imposées à la nouvelle bouche à feu.

Le calibre doit être compris entre 2 po, 5 (63mm,5 et 2 po, 9 (73mm,7).

Poids du projectile : 10 livres (4k,095).

Vitesse initiale : 1 350 pieds (411m,48) au moins.

Poids total de la pièce : 11 ,5 pouds (180k,2) au maximum.

Le canon doit être fretté, muni d'un coin de fermeture avec la lumière percée à travers celui-ci et débouchant sur l'axe de l'âme.

On doit pouvoir, pendant les transports, le démonter en deux parties, pesant au plus 6 pouds (98k,28) chacune et d'une longueur ne dépassant pas 40 pouces (1m,016).

L'adjoint au grand-maître de l'artillerie a approuvé ces conclusions. Seulement il a été d'avis d'adopter une fermeture à vis du système de Bange.

L'usine d'Oboukhow construira parallèlement des bouches à feu munies des deux systèmes de fermeture à coin système Krupp et à vis système de Bange.

Dans une seconde séance a été également traitée par le comité russe la question des affûts et du matériel d'artillerie de montagne. On s'est occupé de divers types d'affûts à étudier et expérimenter, non-seulement pour le nouveau canon de montagne démontable, actuellement à l'étude, mais encore pour un canon non démontable, également

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. I, p. 427.

proposé par le comité, ainsi que pour les canons Baranowski [1], dont un petit nombre est en service dans l'armée russe. L'affût employé jusqu'ici pour ces dernières bouches à feu est en effet sujet à se renverser pendant le tir, et on a déjà essayé de le remplacer par un affût ordinaire ou un affût démontable présenté par le général Engelhardt.

Trois affûts doivent être expérimentés pour le canon Baranowski et deux pour les nouveaux canons de montagne.

Voici un résumé du procès-verbal de la délibération du comité relative aux affûts :

Le capitaine Duchêne, secrétaire de la troisième section, a été chargé de faire le projet d'un affût en fer non démontable pour le canon de 2 pouces et demi, système Baranowski, d'après les données suivantes :

1° Conserver les roues de montagne actuelles ;

2° Conserver la hauteur de genouillère de 27 pouces ($68^{c},58$) du canon de 3 livres en service ;

3° Donner comme limites à l'angle de tir 5° au-dessous et 20° au-dessus de l'horizon ;

4° Augmenter la longueur de l'affût sans dépasser celle des flasques de l'affût de montagne en bois de 5 pieds ($1^{m},524$) ;

5° Obtenir, autant que possible, la même pression de la crosse sur le sol qu'avec l'affût en fer de 3 livres ;

6° Augmenter le poids du corps d'affût sans les roues, de manière à ne pas dépasser, toutefois, 6 pouds et demi ($106^{k},48$), poids de l'affût de montagne en bois.

Un affût répondant à ces conditions sera essayé concurremment avec deux autres systèmes, celui de Baranowski, transformé par le général Engelhardt, et celui du général Engelhardt (nouveau projet) ; le résultat des expériences permettra de décider si l'on peut adopter un affût non démontable pour les nouveaux canons de montagne démontables ou non démontables proposés par le comité.

---

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. III, p. 452.

Pour déterminer le type d'affût destiné à ces nouveaux canons, le comité a l'intention de procéder de la manière suivante :

1° Inviter le général Engelhardt à faire le projet d'un affût démontable pour les nouveaux canons de montagne pourvus d'un mécanisme de fermeture à coin, en se basant sur les expériences exécutées avec l'affût démontable qu'il a proposé pour les canons Baranowski. Se reporter aux conditions énumérées ci-dessus et les appliquer à l'affût démontable. Il serait avantageux d'élever la hauteur de genouillère, ce qui ne présente pas beaucoup de difficultés avec un affût démontable ; il en résulterait de grands avantages pour le pointage ;

2° Charger le capitaine Duchêne de faire le projet d'un affût non démontable pour le même canon, en se conformant aux conditions arrêtées précédemment pour le canon Baranowski.

Les expériences exécutées parallèlement avec ces deux sortes d'affût permettront au comité de choisir le meilleur système.

Ces conclusions du comité ont été également approuvées.

(*Journal d'artillerie russe.*)

Bulgarie : Organisation de l'artillerie. — D'après le projet d'organisation des forces de la Bulgarie, proposé par le ministre de la guerre, l'artillerie comprendrait 6 batteries de campagne à 8 pièces, 4 batteries de montagne à 6 et 2 batteries à cheval à 4 pièces. Le nombre d'artilleurs entretenus sur le pied de paix serait de 1 000 hommes.

(*Vedette.*)

ERRATUM.

Dans la 5e livraison du tome XIV (août 1879), page 453, lignes 16 et 17, à la fin de la traduction du mémoire du colonel Chklarévitch, lire :

dans le tir à charge réduite, de 6 $^1/_2$ *au lieu de* 8 $^3/_4$,
dans le tir à charge entière, de 8 $^3/_4$ *au lieu de* 6 $^1/_2$.

NOTICES BIBLIOGRAPHIQUES.

Carnet de poche à l'usage des officiers d'artillerie, par H. Plessix, capitaine au 17e régiment d'artillerie. — Berger-Levrault et Cie.

Ce carnet, dû au capitaine Plessix, auteur du nouveau *Cours spécial* paru en 1877, est conçu dans un esprit éminemment pratique et est appelé à rendre de réels et constants services aux officiers de l'arme.

Nous ne saurions mieux faire que d'extraire de la préface de ce petit ouvrage l'exposé de l'idée qui a présidé à son établissement, ainsi que la description sommaire des dispositions adoptées par l'auteur.

« Un carnet de poche d'un modèle quelconque, pourvu qu'il soit réellement portatif, est un accessoire indispensable à l'officier de tout grade et de toutes armes, pour recevoir d'une part les instructions qui se rattachent au service, et de l'autre les notes d'un caractère personnel.

« Les premières, celles qui ont trait au service, se feront d'autant plus rapidement, et seront retrouvées au moment opportun d'autant plus aisément que le carnet sera mieux préparé pour les recevoir ; d'où l'utilité incontestable dans un semblable carnet de tableaux disposés en vue des divers besoins du service régulier.

« Les notes courantes, tant de service que personnelles, exigent d'autre part la conservation d'un certain nombre de pages libres ; — d'où la nécessité dans ce carnet d'une assez grande quantité de papier blanc.

« Dans le service de l'officier d'artillerie, tout particulièrement, une foule de renseignements numériques sont à chaque instant utiles et quelquefois indispensables ; — d'où l'introduction nécessaire, dans un carnet spécialement destiné aux officiers de cette arme, d'une série de tableaux

contenant sur le matériel, le personnel, le tir, les écoles à feu, les marches, les calculs, etc., toutes les données principales. »

Le *Carnet* a été disposé de manière à répondre, aussi complétement que possible, sous un très-petit volume, au programme qui vient d'être sommairement exposé.

Il comprend : 1° *Sur un premier cahier de papier blanc,* des renseignements complets sur la composition des bureaux du ministère, sur celle du comité d'artillerie et du dépôt central, sur l'emplacement des divers régiments et brigades de l'arme, et, à la suite, une série de tableaux destinés à recevoir les inscriptions se rattachant au service régulier de l'unité ;

2° *Sur un second cahier de papier jaune,* tous les renseignements officiels (*Journal militaire,* règlements, etc.) qui sont d'une utilité journalière dans le service courant, y compris le figuré de la disposition des effets sur les lits pour les revues de détail ;

3° *Sur un troisième cahier de papier blanc,* une série de tableaux à double entrée donnant les renseignements numériques les plus complets sur le matériel de campagne, sur celui de siége et de place, et des équipages de pont, sur les matériaux employés dans la construction des batteries et dans les ouvrages du génie, sur les plates-formes, — sur les poudres, — sur la composition des batteries, sections de munitions, parcs, — sur les ordres de marche des divisions, corps d'armée, — sur la longueur des diverses unités des différentes armes dans les colonnes, — sur les télégraphes, — les poids et les mesures, anciens et étrangers, — les formules et nombres usuels dansles calculs, — les densités, résistances et coefficients de dilatation des différents corps. — Ce troisième cahier se termine par une table complète de sinus, cosinus et tangentes naturelles des angles de 0° à 45° ;

4° *Sur un quatrième cahier de papier rouge,* les tables de

tir complètes et détaillées des canons de campagne français ;

5° *Sur un cinquième cahier de papier blanc,* une série de tableaux préparés pour la conduite du tir dans les écoles à feu de campagne et de siége ;

6° Une série de cahiers de papier libre alternativement bleu, blanc, vert et blanc.

L'alternance des couleurs pour les cahiers qui composent le carnet a été adoptée comme un des moyens les plus sûrs pour en rendre l'usage facile et prompt.

Chaque couleur correspondant à une série de documents de la même nature, il suffit en effet de se rappeler à quelle catégorie appartient le document que l'on recherche pour le pouvoir trouver rapidement.

C'est pourquoi cette disposition a été reproduite même dans les cahiers de papier libre qui forment la deuxième partie du carnet.

Le carnet contient aussi divers accessoires, en particulier, un rapporteur-échelle établi pour le report des azimuts magnétiques et la mesure des longueurs sur la carte au 80 000e.

Le carnet du capitaine Plessix vient combler une lacune, car jusqu'ici on a publié de nombreux agendas à l'usage des ingénieurs de toutes les spécialités, mais on n'en avait pas fait pour les officiers d'artillerie ; il est seulement regrettable que les éditeurs n'aient pas cru devoir en fixer le prix à un chiffre un peu moins élevé.

Handbuch für Unteroffiziere der K. K. Festungs-Artillerie, par les capitaines de l'artillerie autrichienne Gustave Semrad et Johann Sterbenz. — Seidel et fils. Vienne, 1879.

L'aide-mémoire d'artillerie de forteresse, que les capitaines Semrad et Sterbenz viennent de publier, comprend, en plusieurs parties, tous les détails du service du sous-officier d'artillerie de forteresse : en *temps de paix,* comme *instructeur,* et enfin, en *temps de guerre.* Il est complété par

des renseignements généraux assez étendus sur l'organisation de l'armée autrichienne (armée active et landwehr) de la marine militaire. Il donne la nomenclature des devoirs du sous-officier dans les diverses circonstances, etc., et contient un grand nombre de figures dans le texte et plusieurs planches fort bien gravées représentant, en perspective, les diverses manœuvres de force et les engins dont elles nécessitent l'emploi.

Enfin, pour faciliter le service des sous-officiers d'artillerie dans les batteries de côte, cet aide-mémoire est complété par quelques renseignements sur la construction et l'armement des navires de guerre.

Ce manuel très-pratique sera d'une grande utilité pour les sous-officiers d'artillerie autrichiens. Il est la continuation de celui que les mêmes auteurs ont publié en 1878, à l'usage des sous-officiers de l'artillerie de campagne.

Le Gérant : Ch. Norberg.

HISTORIQUE DES ÉTUDES

FAITES A CALAIS

SUR LES CANONS RAYÉS DE CAMPAGNE

TROISIÈME PARTIE.

[*Suite*] (1).

CHAPITRE V.

CANONS DE POSITION DE 95mm.

(PL. I ET II) [2].

On se rappelle que l'établissement d'un canon de position ou de grande réserve, décidé en principe dans les conférences de Versailles du mois de janvier 1873, avait donné naissance aux projets de la Commission d'études du Dépôt central qui avait proposé le calibre de 95mm ou 90mm.

Pour assurer la réalisation de cette idée, le ministre chargea également, au mois de janvier 1874, le commandant de Lahitolle de construire 2 canons de position, indépendamment des deux pièces de 90mm qu'il avait à établir en exécution de l'ordre ministériel du 16 décembre 1873.

Comme, dans l'établissement de pareilles bouches à feu, la mobilité devait être jusqu'à un certain point sacrifiée à la puissance, le commandant de Lahitolle avait songé tout d'abord à prendre le calibre de 100 à 110mm et porté le

(1) Voir *Revue d'artillerie* : Introduction, t. XII, p. 289, 393, 481 ; Première partie, t. XIII, p. 1, 113 ; Seconde partie, t. XIII, p. 321, 409, 505 ; t. XIV, p. 1 ; Troisième partie, t. XIV, p. 193 ; t. XV, p. 1.

(2) Voir les planches de la livraison précédente.

poids de la pièce jusqu'à 1 000 kil. Dans ces conditions, la pièce eût été placée sur affût avec avant-train sans coffres à munitions et, au besoin, on l'eût attelée à 8 chevaux.

L'exécution de la commande fut toutefois ajournée jusqu'après l'essai des canons de 90^{mm}, et dans l'intervalle, le commandant de Lahitolle établit un projet de canon de position du calibre de 95^{mm}.

Les essais auxquels fut soumis, au mois de septembre 1874, le canon de 90^{mm} n° 1, présenté par les commandants de Lahitolle et Florentin, montrèrent que cette pièce pouvait être un excellent canon de bataille, mais ne possédait pas la puissance nécessaire pour constituer le canon de réserve dont l'exécution avait été décidée. C'est alors que le ministre donna l'ordre au commandant de Lahitolle de faire exécuter son projet de canon de 95^{mm}, et décida, à la date du 28 octobre 1874, qu'il serait procédé immédiatement à l'établissement de 4 batteries de 95^{mm} de ce système. Les deux premières bouches à feu construites devaient être expédiées à Calais pour y être soumises aux essais ; leur fabrication fut poussée très-activement, et, dès le mois de mai suivant (1875), elles arrivèrent à Calais.

§ I. — Première série d'essais.

Le poids de la bouche à feu avait été fixé à 700 kil. environ ; comme qualité du métal, l'acier employé était sensiblement le même que celui qui avait servi pour la fabrication des canons de 90^{mm} (1).

Les deux canons essayés à Calais portaient les numéros 1 et 3 ; seul, le n° 3 avait été achevé sous la direction du commandant de Lahitolle. Sur la demande du président du Comité, le n° 1 avait été envoyé en avril 1875 à l'atelier

(1) Sur la demande du commandant de Lahitolle, les conditions de réception des aciers furent les suivantes :

Charge de rupture.	60	25 316
Limite d'élasticité.	30	42 .09.
Allongement.	10 p. 100	

de précision pour y être usiné par les soins du commandant de Bange. Cet officier supérieur devait appliquer à cette bouche à feu le même tracé intérieur et le même mécanisme de culasse qu'au canon de 80^{mm} n° 1, présenté par lui, qui venait d'être expérimenté avec succès à Calais.

Canon de Lahitolle de 95^{mm} n° 3 (pl. I). — Comme dispositions générales, cette bouche à feu (fig. 7) était analogue au canon de 90^{mm} n° 1; elle ne s'en distinguait que par les différences suivantes :

La tête mobile était maintenue par une vis-arrêtoir semblable à celle qui avait été imaginée par le commandant de Lahitolle pour son canon de 75^{mm} foré au calibre de 80^{mm} [1].

Le logement du grain de lumière ainsi que le grain lui-même (fig. 8) avaient une forme étranglée à leur partie inférieure; le commandant de Lahitolle renonça par la suite à cette disposition.

Afin de gagner du temps dans le rayage, on avait réduit le nombre des rayures à 28.

Le commandant de Lahitolle avait tout d'abord établi trois modèles de projectiles :

Un obus n° 1 (fig. 9) de 3,2 calibres de longueur, pesant chargé 9^{k},900;

Un obus n° 2 (fig. 10) de 3,2 calibres de longueur, pesant chargé 10^{k},600;

Un obus n° 3 (fig. 11) de 3,3 calibres de longueur, pesant chargé 10^{k},870.

Ces obus étaient tous les trois à cannelures longitudinales comme l'obus modèle D, destiné au tir du canon de 90^{mm} n° 1; ils pouvaient contenir respectivement 410, 320 et 340 grammes de poudre A_f (C_1).

La ceinture postérieure en cuivre avait 10 millimètres de hauteur; la ceinture antérieure était remplacée par un cordon de fonte venu dans le moule et ramené sur le tour

---

[1] Voir *Revue d'artillerie*, t. XIV, juin 1879, p. 218.

aux dimensions exactes, disposition déjà adoptée pour les projectiles des autres calibres qui avaient été mis en essai.

De ces trois modèles de projectiles, les n°s 1 et 3 seuls furent essayés. Le n° 1 se distinguait par la forme en goulot de bouteille du vide intérieur, forme qui avait pour but d'augmenter la résistance de l'ogive dans le tir contre les maçonneries.

Étant donné le poids relativement considérable de la pièce, le commandant de Lahitolle avait une préférence marquée pour le dernier obus (n° 3), qui était le plus lourd ; et même s'il n'avait pas cru devoir dépasser le poids de 11 kil., c'est surtout parce qu'il aurait fallu augmenter la longueur du projectile qui atteignait 3,3 calibres, longueur qu'il considérait déjà comme excessive.

Canon n° 1 usiné par le commandant de Bange (pl. II). — Le canon n° 1, après avoir été fretté à la fonderie de Bourges, fut envoyé à l'atelier de précision pour y recevoir le tracé intérieur et le mécanisme de culasse du commandant de Bange, et constitua alors le canon de Bange de 95^{mm} (fig. 4).

La chambre à poudre, de plus faible diamètre que celle du n° 3, était beaucoup plus longue et avait une capacité plus grande. La lumière était pratiquée dans la tige de la tête mobile.

Les rayures, au nombre de 30, se terminaient par une partie à pas constant de 110 millimètres.

Le commandant de Bange avait établi en même temps un projet complet de canon de 95^{mm} (fig. 5) qui ne fut point exécuté.

Il y avait deux modèles de projectiles, un obus lourd et un obus léger :

L'obus n° 1 avait 3,2 calibres de longueur et pesait chargé 9^{k},630 ;

L'obus n° 2 avait 3,2 calibres de longueur et pesait chargé 10^{k},530.

Les formes extérieures et intérieures de ces obus de 95^{mm}

étaient semblables à celles des obus de 80^{mm} ; l'auteur avait suivi les mêmes règles de construction.

Pour les expériences, ces obus devaient être bouchés avec des tampons pointus (fig. 6) comme ceux du calibre de 80^{mm}.

Le méplat de l'obus se trouvait être un peu supérieur au diamètre de la tête de la fusée Budin, mais le commandant de Bange avait l'intention, pour les projectiles qui seraient à mettre en service, de prolonger un peu la partie ogivale de manière à la raccorder avec la tête de la fusée.

L'obus du premier modèle pouvait contenir 330 grammes et le second 350 grammes de poudre A_f (C_1).

Dimensions principales des canons de 95^{mm}.

BOUCHES A FEU			CANON n° 1 de Bange.	CANON n° 3 de Lahitolle
Diamètre de l'âme	sur les cloisons	millim.	95	95
	au fond des rayures	id.	96,4	96,6
Longueur d'âme depuis la partie antérieure de la tête mobile		id.	2 301	2 264
Longueur d'âme depuis la partie antérieure de la tête mobile		calibr.	24,2	23,8
Chambre à poudre	Longueur (jusqu'au culot de l'obus)	millim.	370	297
	Diamètre	id.	100	105
1er cône de raccordement.	Longueur	id.	25	40
	Diamètre à l'arrière	id.	100	105
	Diamètre à l'avant	id.	95	97
2e cône de raccordement.	Longueur	id.	»	100
	Diamètre à l'arrière	id.	»	97
	Diamètre à l'avant	id.	»	95
Longueur de la partie rayée		id.	1 902	1 928
Longueur d'âme parcourue par le projectile		id.	1 928	1 964
Id.	id.	calibr.	20,3	20,7
Rayures.	Nombre		30	28
	Pas des rayures (à la bouche)	métr.	2,430	2,430
	Id. id.	calibr.	25,6	25,6
	Profondeur des rayures	millim.	0,7	0,8
	Largeur des cloisons	id.	2,5	3
	Angle initial	degrés.	1°40′	2°36′
	Angle final	id.	7°	7°
Longueur totale du canon		métr.	2 510	2 500
Poids de la bouche à feu		kil.	657	710
Id. (en projectiles lourds)			62	65
Prépondérance (à la culasse)		kil.	1,5	1,5

Résultats des premiers essais. — La Commission de Calais ayant été invitée à procéder d'urgence à l'essai de ces deux canons, on n'attendit pas, pour commencer les expériences l'achèvement et l'arrivée des deux affûts que le commandant de Lahitolle faisait construire pour ces pièces. Le canon n° 3 fut placé sur un affût Petin et Gaudet, et le canon n° 1 sur un affût de 7 ; mais ce dernier ayant été bientôt mis hors de service, le canon de Bange fut placé sur un affût semblable à celui du canon n° 3.

Afin de rendre cette étude des canons de réserve aussi complète que possible, le président du Comité prescrivit de tirer en même temps les deux canons de 95^{mm} établis par la Commission d'études du Dépôt central [1].

Pour des pièces à grande puissance, tels que les canons de réserve de 95^{mm}, on ne voulait pas descendre au-dessous de 430 mètres pour la vitesse initiale. Par conséquent, la Commission de Calais régla les charges de poudre $A_f(C_1)$, qui devaient être employées avec ces deux canons, de manière à donner à l'obus lourd de chacun des deux systèmes une vitesse initiale de 430 mètres environ. On trouva que ces charges devaient être égales à 1^k,950 pour le canon n° 3 de Lahitolle et de 2 kil. pour le canon n° 1 de Bange. La densité de chargement atteignait 0,74 pour la première de ces deux pièces, tandis qu'elle n'était que de 0,67 pour la seconde.

La vitesse initiale correspondant à ces charges, se trouva être pour l'obus léger, de 450 mètres environ.

Les deux canons furent tirés à Calais dans le courant du mois de mai 1875, et le 1er juin, le Président de la République décida l'essai en grand d'une batterie de chacun des deux systèmes.

Le commandant de Lahitolle avait établi non-seulement une bouche à feu de 95^{mm} et son affût, mais encore un

---

[1] Voir *Revue d'artillerie*, t. XIV, avril 1879, p. 11.

avant-train et un caisson. Une section complète de ce matériel fut envoyée à Calais au mois de juin 1875 (1).

L'un des deux affûts reçut le canon n° 3, l'autre le canon n° 1. Comme le ministre avait donné la préférence dans chacun des deux systèmes à l'obus le plus lourd, les affûts furent essayés l'un avec le canon de Lahitolle et son obus de $10^k,870$, l'autre avec le canon de Bange et son obus de $10^k,530$. Après quelques tirs, ils furent trouvés trop faibles, et on les renvoya à Bourges pour y être modifiés.

Le tableau suivant résume les propriétés balistiques des deux canons tirés à la vitesse de 430 mètres avec l'obus lourd :

DISTANCES.	ANGLES DE TIR.		ÉCARTS MOYENS en portée.		ÉCARTS MOYENS en direction.	
	Canon n° 1 de Bange.	Canon n° 3 de Lahitolle.	Canon n° 1.	Canon n° 3.	Canon n° 1.	Canon n° 3.
mètres.	degrés.	degrés.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
1 000	1°54′	1°45′	10,7	8,2	0,6	0,6
2 000	4°5′	4°8′	12,4	10,5	1,2	1,6
3 000	6°50′	7°6′	16,0	14,0	2,1	3,0
4 000	10°	10°40′	21,0	19,8	4,2	5,0
5 000	13°50′	15°2′	26,7	29,6	8,2	7,9
6 000	18°24′	20°38′	34,2	46,4	13,4	12,1

(1) Voici quelles étaient les données fondamentales de ce matériel, en le supposant chargé avec le canon n° 3 de Lahitolle et l'obus lourd de $10^k,870$. Les voitures avaient dans chaque demi-section des coffres d'espèces différentes : pour l'une, ils étaient de l'espèce dite à tiroirs, et pour l'autre de l'espèce dite à caisses.

ESPÈCE DE MATÉRIEL		COFFRES à caisses.	COFFRES à tiroirs.
Poids du canon	kil.	710	710
Poids total de l'affût	id.	668	668
Poids de l'arrière-train	id.	1 378	1 378
Poids total de l'avant-train	id.	935	905
Poids total de la pièce attelée	id.	2 313	2 274
Nombre de coups portés par la pièce		24	24
Poids de l'avant-train du caisson chargé	kil.	939	891
Poids de l'arrière-train du caisson	id.	1 508	1 423
Poids total du caisson	id.	2 447	2 314
Nombre de coups contenus dans le caisson		72	72
Poids par cheval. Pièce	kil.	385	380
Poids par cheval. Caisson	id.	408	386

La forme avantageuse des obus de Bange, au point de vue de la conservation des vitesses, avait été de nouveau constatée ; à l'angle de 20°, ces obus avaient donné des portées supérieures de 470 mètres à celles obtenues avec les obus de Lahitolle.

Des expériences d'éclatement au repos montrèrent qu'avec l'obus de Lahitolle on obtenait une mauvaise fragmentation ; la rupture n'avait lieu que suivant les cannelures longitudinales du tracé intérieur, les morceaux ainsi déterminés restaient le plus souvent entiers et quelquefois même accolés deux à deux. Aussi les effets obtenus dans le tir à obus chargés contre des panneaux s'en ressentirent et ne dépassèrent pas ceux qu'on avait obtenus avec le canon de 90mm n° 1 (de Lahitolle et Florentin). Au contraire, l'obus de Bange, qui avait une meilleure fragmentation et conservait d'ailleurs mieux sa vitesse, donna des résultats un peu supérieurs.

CANON.		N° 1 DE BANGE.		N° 3 DE LAHITOLLE.	
Distances de tir		1 500m	2 000m	1 500m	2 000m
Angles de chute (*calculés*)		3°36′	5°1′	3°27′	5°10′
Vitesses restantes (*calculées*)		327m	308m,4	317m	297m,4
Nombre d'atteintes produites par des éclats.	gros ou moyens.	6,5	5,9	7,6	6,3
	petits.	5,3	5,2	3,1	1,0
Nombre d'éclats au repos		41	41	26	26

§ II. — Deuxième série d'essais.

Cependant le ministre trouvait le poids du matériel de 95mm exagéré, eu égard au nombre restreint de coups portés dans le coffre. Il aurait désiré que le poids à traîner par cheval fût réduit à 350 kil. environ, c'est-à-dire au poids de la pièce de 7 de Reffye, portant 30 coups dans son coffre.

En outre, il imposa l'obligation au commandant de Lahitolle d'utiliser comme matériel : le coffre modèle 1840, l'avant-train et le caisson modèle 1827 dont on possédait en magasin un grand approvisionnement.

Le commandant de Lahitolle se mit immédiatement à l'œuvre et chercha tout d'abord à réduire le poids de la pièce par une modification extérieure qui, par conséquent, pourrait s'appliquer même aux canons finis. Il enleva ainsi sur le tour 50 kil. de métal, ce qui réduisit le poids du canon à 660 kil. Un canon ainsi modifié, portant le n° 4, fut expédié à Calais.

Néanmoins le commandant de Lahitolle songeait à une transformation plus radicale : pour ses études sur le calibre de 95^{mm}, il avait fait venir à Bourges son canon de 90^{mm} n° 2, essayé à Calais en 1874, et l'avait fait forer au calibre de 95^{mm}; cette bouche à feu, ainsi transformée, ne pesait que 620 kil. En même temps, l'ancien affût du canon de 90^{mm} n° 2 avait été approprié au tir de cette nouvelle pièce. Désireux de savoir si l'affût et le canon résisteraient au tir de l'obus lourd de 95^{mm}, le commandant de Lahitolle demanda l'autorisation de les envoyer à Calais, où ils furent tirés dans la première quinzaine du mois de juin 1875.

Canon de 90^{mm} de Lahitolle n° 2, alésé au calibre de 95^{mm}. — Cette bouche à feu présentait les particularités suivantes :

Dans le but de ne pas trop affaiblir le canon transformé, on avait fait les rayures moins profondes que dans le canon de 95^{mm} n° 3 (0^{mm},5 au lieu de 0^{mm},8); mais pour conserver une bonne surface d'appui, on en avait doublé le nombre (56 au lieu de 28).

On avait employé la machine à rayer et la directrice qui avaient servi pour les autres canons de 95^{mm}; les rayures faisaient donc à la bouche le même angle final de 7 degrés. Afin de pouvoir faire deux rayures à la fois, on avait divisé le tranchant du couteau de rayage en deux, de façon à ménager une cloison de 2 millimètres seulement. Les 56 rayures se trouvaient ainsi séparées par des cloisons ayant alternativement 2 et 3 millimètres.

La capacité de la chambre à poudre était plus grande que dans le canon type n° 3, dans le but de permettre l'emploi de fortes charges avec de faibles densités de char-

gement, et de diminuer par là les tensions intérieures. Afin de ne pas affaiblir la résistance de la pièce, cette

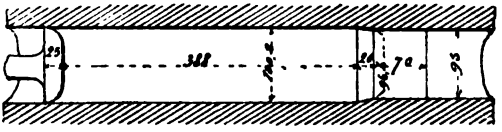


Fig. 1.

augmentation de volume avait été obtenue presque exclusivement par l'allongement de la chambre (fig. 1).

En même temps on apporta sur la vis-culasse une modification au tracé des coulisses-guides. Cette modification, imaginée par le capitaine Duguet, alors adjoint à la fonderie de Bourges, consistait à remplacer l'arrondi qui reliait les deux branches de chaque coulisse-guide par un plan incliné. Au moyen de cette disposition (fig. 2), lorsqu'on

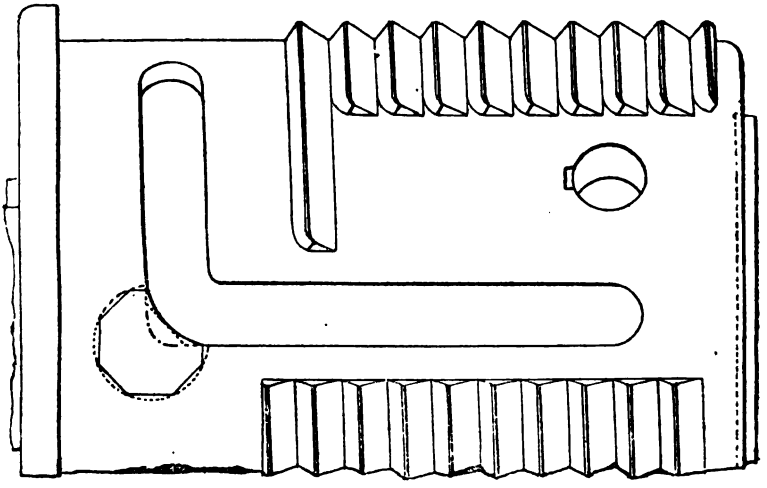


Fig. 2.

tournait la vis de droite à gauche pour ouvrir la culasse, le mouvement de rotation se terminait automatiquement par un mouvement de translation sur une étendue de

1 centimètre environ. Ce léger déplacement longitudinal avait pour but de décaler l'obturateur et de prévenir les difficultés qui peuvent se présenter quelquefois lorsque la tête mobile est encrassée ou que de légères bavures d'étain viennent gripper l'obturateur dans son logement.

Les canons du système de Lahitolle, tant ceux de 95^{mm} qui sont devenus réglementaires, que ceux des autres calibres mis en essai dans les corps de troupe, présentaient tous cette dernière disposition. Depuis lors, elle a encore été légèrement modifiée : dans les canons de 95^{mm} actuellement en service, le plan incliné a été remplacé par un nouvel arrondi dont le tracé est tel qu'il remplit le même office. Afin de prévenir l'usure prématurée de cette partie de la coulisse-guide, contre laquelle vient buter la vis-guide, on a rapporté dans la rainure un grain en acier fortement trempé dans lequel est taillé le nouvel arrondi.

D'après les études de compartimentage faites par le commandant de Lahitolle pour appropier le coffre modèle 1840, qu'il était tenu d'utiliser au transport des projectiles de 95^{mm}, le nombre des coups portés par l'avant-train de la pièce aurait été de 24 et le poids à traîner par cheval de 343 kil. environ.

Malheureusement, l'affût ne put résister et fut mis hors de service après un tir de 19 coups dans lequel on n'avait pas dépassé pour l'obus léger la vitesse de 450 mètres, et pour l'obus lourd celle de 410 mètres. On reviendra, lorsqu'il sera question des études concernant le matériel, sur les épreuves subies par cet affût qui présentait des défauts de fabrication.

Continuation des essais sur les canons de 95^{mm}. — Dès le mois de juin 1875, le ministre de la guerre avait informé, par une lettre en date du 16, le président du Comité qu'il lui semblait nécessaire de doter chaque corps d'armée de deux batteries de 95^{mm} et que les canons n° 3 de Lahitolle et n° 1 de Bange ayant donné des résultats à peu près équivalents, il croyait devoir donner la préfé-

rence au canon de Lahitolle comme tirant le projectile le plus lourd.

Les expériences furent donc reprises à Calais uniquement avec les bouches à feu de Lahitolle n°s 3 et 4, et comme on voulait mener le plus rapidement possible la fabrication des nouvelles pièces, on dut renoncer à mettre à exécution la décision qui avait été prise tout d'abord de faire des essais en grand dans les corps de troupe avec une batterie de chacun des deux systèmes.

Après le renvoi à Bourges des deux affûts essayés au mois de juin, le commandant de Lahitolle en avait fait construire deux autres qui arrivèrent à Calais au mois de septembre suivant. L'un d'eux fut affecté au canon n° 4 du poids de 660 kil., et l'autre au canon n° 3 qui pesait 710 kil.

Le commandant de Lahitolle avait une préférence marquée pour le canon léger, avec lequel il était plus facile d'établir la voiture dans des conditions de mobilité acceptables. Il pensait que l'on pourrait se contenter de la vitesse de 430 mètres, la pièce de 95^{mm} devant, même avec cette vitesse, conserver la supériorité sur le canon lourd de campagne prussien de 88^{mm}. Aussi demanda-t-il avec instance de commencer les épreuves de résistance des nouveaux affûts avec le canon n° 4 et de n'employer l'autre canon que si le premier affût était brisé.

L'affût résista avec le canon léger aux vitesses de 430 et même 450 mètres, l'appareil de pointage seul se montra insuffisant; on put donc, aussitôt après ce premier essai, mettre en commande les parties principales des affûts.

Un nouvel affût muni d'un appareil de pointage de système différent fut expédié à Calais au mois de novembre, et comme dans l'intervalle le ministre avait définitivement donné la préférence à la bouche à feu, type n° 3, du poids de 710 kil., c'est avec ce canon que furent exécutées les nouvelles épreuves de résistance de l'affût. Le dernier type d'affût s'étant parfaitement bien comporté dans toutes ses

parties, la pièce et son affût pouvaient être mis en service; la Commission de Calais reçut du ministre l'ordre (31 octobre et 28 novembre 1875) de procéder à l'établissement des tables de tir. Elles furent dressées pour la charge de $2^k,100$ de poudre C_1, qui avait été employée pour les tirs d'épreuve et donnait à l'obus n° 3 une vitesse de 450 mètres.

Nouveaux modèles de projectiles. — L'obus qui fut définitivement adopté était d'un modèle différent de tous ceux proposés jusqu'alors par le commandant de Lahitolle. L'insuffisance des résultats obtenus avec l'obus n° 3, au point de vue de l'éclatement, avait en effet déterminé cet officier supérieur à établir un nouveau modèle qui fut dit obus n° 3 *bis*. Il différait de l'obus n° 3 par le tracé intérieur : les cannelures avaient été supprimées, et le fond du vide intérieur arrondi, afin d'assurer la rupture du culot, ce qui n'avait pas lieu avec le premier modèle. Néanmoins cet obus n° 3 *bis* ne donna pas à l'éclatement des résultats beaucoup plus satisfaisants que l'obus n° 3; le commandant de Lahitolle en établit un troisième, modèle 3 F (fig. 3), dont le tracé est du 22 août 1875.

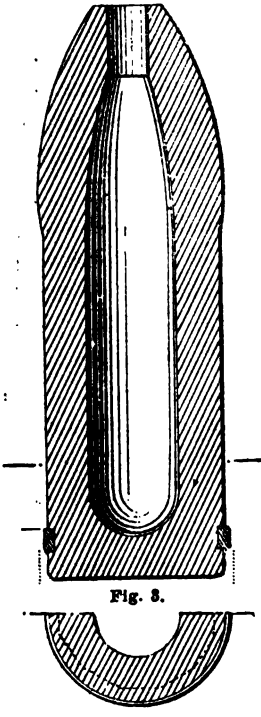


Fig. 3.

Les expériences montrèrent qu'à la vitesse de 450 mètres environ il produisait des effets remarquables contre les troupes jusqu'à 4 000 mètres inclusivement, et qu'il pouvait être chargé indistinctement avec l'ancienne poudre à canon ou avec la poudre C_1.

Ce dernier modèle est devenu réglementaire sous le nom *d'obus ordinaire modèle* 1875 (pl. IV); son poids

moyen est de $10^k,360$, il renferme 370 grammes de poudre MC_{30}; son poids total tout chargé est de $10^k,945$. Il a une forme intérieure telle que, comme dans les obus de Bange, la paroi se trouve renforcée à hauteur de la ceinture ; celle-ci, au lieu d'être posée au marteau, est mise en place dans le moule avant la coulée. Enfin, le renflement qui remplace la ceinture antérieure, après avoir été tourné à ses dimensions définitives, reçoit une couche de peinture à la céruse, au lieu d'être étamé dans un bain de zinc, comme pour les projectiles de Bange.

La ceinture postérieure en cuivre, légèrement tronconique lorsqu'elle a été tournée, et munie d'une gorge, est recouverte d'une couche d'oléo-carbure ; on vérifie son diamètre maximum en obligeant l'obus à passer de force dans une matrice à calibrer.

Enfin, il fut décidé que les obus, avant d'être chargés en guerre, seraient enduits à l'intérieur d'un vernis préservatif dont la composition et le mode d'application étaient empruntés aux Anglais. Cette dernière disposition a pour but de s'affranchir des inconvénients qui peuvent résulter de l'introduction de pulvérin entre les joints des éléments intérieurs dans le cas d'obus à parois composées, et même, suivant l'avis de quelques-uns, dans le cas des obus ordinaires, d'empêcher le frottement des grains de poudre contre les aspérités des parois internes de l'obus.

Le vernissage des projectiles à Calais a donné lieu à l'observation suivante : pour l'application du vernis, les obus sont chauffés au moyen d'un jet de vapeur que l'on fait arriver dans l'intérieur. Or, on a remarqué que sur certains d'entre eux la vapeur filtrait à travers les pores de la fonte et s'échappait à l'extérieur. Cette opération peut donc permettre de révéler certains défauts des projectiles.

Indépendamment des obus ordinaires, le commandant de Lahitolle avait aussi étudié des obus à double paroi et des obus à balles. Il sera question de ces études dans un chapitre spécial, mais nous allons en donner de suite le résultat.

Les obus à double paroi modèle 1875 (pl. IV), du système proposé par le commandant de Lahitolle, ont été mis en commande en décembre 1875; ils ont les mêmes dimensions extérieures et le même poids que l'obus ordinaire. La paroi cylindrique est formée de deux parties emboîtées l'une dans l'autre; la paroi intérieure présente sur sa surface externe trente petites pyramides quadrangulaires qui pénètrent dans des cavités correspondantes de la paroi extérieure.

Les obus à double paroi ayant donné lieu à des éclatements prématurés dans l'âme, il a été décidé, à la suite des écoles à feu de 1877, que l'on ne renouvellerait pas, après consommation, les approvisionnements existants.

Aucun des modèles d'obus à balles proposés par le commandant de Lahitolle n'a été adopté. En 1878, cinq écoles d'artillerie ont été chargées d'expérimenter, pendant les écoles à feu, un *obus à balles libres* présenté par le colonel Voilliard, inspecteur des forges. A la suite de ces essais, cet obus a été adopté (pl. IV).

L'intérieur de l'obus est divisé par des nervures en huit compartiments dans chacun desquels on introduit 13 balles en fer de $20^{mm},2$ de diamètre, reposant les unes sur les autres par des méplats. L'obus contient donc 13 couches de 8 balles chacune, soit 104 balles de forme particulière. A la partie supérieure de l'obus, il y a 4 sillons pour faciliter l'éclatement de la pointe de l'ogive; il y a également 4 sillons dans l'excavation du culot.

Une bague en laiton est vissée dans la lumière de l'obus; elle est taraudée pour recevoir la fusée fusante et elle porte à sa partie inférieure un tube en cuivre rouge destiné à contenir la charge de poudre. Le poids total du projectile avec tube et balles est de 11 kil.; chargé avec la fusée, il est de $11^{k},460$; le poids de la charge de poudre MC_{30} est de 150 grammes.

Une *boîte à mitraille* à enveloppe en laiton laminé et culot en fer forgé, proposée par l'École de pyrotechnie, a été essayée à Calais en 1878. Elle renferme 13 couches de

14 balles en plomb durci (plomb 85 p. 100, antimoine 15 p. 100), de 20 millimètres de diamètre et du poids de 42 grammes. Le nombre total des balles était de 186, le poids approximatif de $11^k,250$. Les intervalles entre les balles étaient remplis avec de la résine coulée. Ces boîtes à mitraille ont donné de bons effets jusqu'à 700 mètres au moins; à cette distance, le nombre total des atteintes, sur 2 rangs de panneaux, a été encore à peu près égal à la moitié du nombre des balles contenues dans le projectile, et le nombre de trous n'a pas été inférieur à celui des empreintes, ce qui démontre que les balles conservent bien leur vitesse. Mais l'enveloppe en laiton laminé étant trop résistante pour s'ouvrir régulièrement dans le tir, le Comité a proposé au ministre de faire faire comparativement, par la Commission de Bourges, des épreuves de tir et de transport avec des boîtes à mitraille, les unes à enveloppe en laiton laminé, les autres à enveloppe de zinc. Le ministre a approuvé cette proposition le 22 avril 1879, et ces essais sont actuellement en cours d'exécution (1).

Résistance de la bouche à feu. — Les nombreuses expériences exécutées pour arriver à l'établissement du matériel de 95^{mm} ont fourni des données intéressantes sur la résistance de ces bouches à feu.

Outre les canons de 95^{mm} n° 1 et n° 2, dont les essais ont été assez vite interrompus, la Commission de Calais a eu à sa disposition non-seulement les canons n° 3 et n° 4, mais

(1) Lorsque, il y a trois ans, l'École de pyrotechnie proposa d'employer pour la confection des boîtes à mitraille de 95^{mm} le laiton et le fer de préférence au zinc qui avait servi pour les boîtes à mitraille de l'ancien matériel rayé, c'était dans le but de donner à ce projectile relativement long plus de rigidité dans les transports et de résistance dans le tir. Le zinc, qui devient cassant par le froid et malléable par la chaleur, avait paru présenter moins de garantie. Depuis lors, on a fait des boîtes à mitraille de 80 et 90^{mm} à enveloppe de zinc qui ont donné de bons résultats. Aussi, à moins d'une supériorité bien marquée, n'y a-t-il plus aucun intérêt à conserver le laiton, d'autant plus qu'il est plus coûteux que le zinc.

Les balles en plomb durci à 10 p. 100 d'antimoine, employées pour le chargement des obus à balles de 7 et 5 se déforment beaucoup au choc au départ. C'est pour éviter cette déformation que l'École de pyrotechnie a proposé des balles à 15 p. 100 d'antimoine, alliage plus dur, mais cependant pas assez cassant pour devenir d'un emploi difficile; la différence de densité est peu sensible. L'alliage à 20 p. 100 serait trop cassant.

encore les autres canons n° 16 et n° 63 du modèle réglementaire, c'est-à-dire du poids de 710 kil.

Ces diverses bouches à feu avaient tiré :

Le canon n° 3.	770	coups.
— n° 4.	1 303	—
— n° 16.	949	—
— n° 63.	1 267	—

Avec ces canons, on eut l'occasion de constater de nouveau les inconvénients inhérents à l'emploi de l'ancien grain de lumière avec des bouches à feu en acier tirant à forte charge. Le grain de lumière du canon n° 3 sauta au 770e coup, et on put constater que les gaz passant entre le grain et son logement étaient venus se détendre sous le frettage en rongeant et chambrant la paroi du logement, dégradation que la Commission de Calais avait déjà signalée lors des essais faits avec le canon de 90mm du système de Bange.

La forme du logement du grain fut modifiée, au commencement de l'année 1876 ; on supprima l'étranglement qui terminait la partie filetée, et on le remplaça par un tronc de cône dont la grande base est vers l'intérieur de l'âme (1).

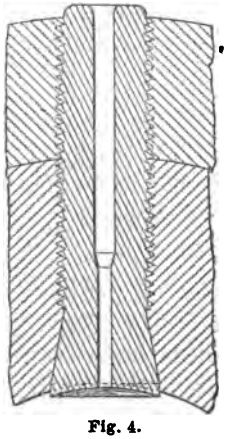


Fig. 4.

Le canon n° 63, quoique présentant cette nouvelle disposition, fut quand même affouillé et chambré sur les parois du logement du grain. Cette pièce en était à son troisième grain de lumière, le premier ayant été remplacé après 654 et le second après 527 coups.

Sur les 4 bouches à feu on constata du reste, à la fin des expé-

(1) D'après un nouveau tracé du 15 novembre 1876, le grain de lumière n'est pas affleuré avec la chambre à poudre. Après le matage intérieur, il reste une partie cylindrique ; le matoir termine le grain de lumière par une calotte sphérique concave (fig. 4).

riences, en avant du logement du grain, des fissures comme sur les autres pièces en acier déjà essayées ; sur les canons n°s 4 et 16, ces fissures passaient même à l'arrière du grain, déterminant ainsi l'amorce d'un plan de rupture.

D'après des expériences faites au Creusot sur des pièces construites suivant le système Olry, les fentes de ce genre n'avaient pas semblé devoir avoir de conséquences graves et immédiates. On supposa qu'il en serait de même avec les pièces du système de Lahitolle, pour lesquelles la nature de l'acier et le mode de construction étaient peu différents. Cependant à Calais on cessa de tirer à découvert les canons n°s 4 et 16 dès qu'on eut constaté que la fissure avait gagné l'arrière du grain.

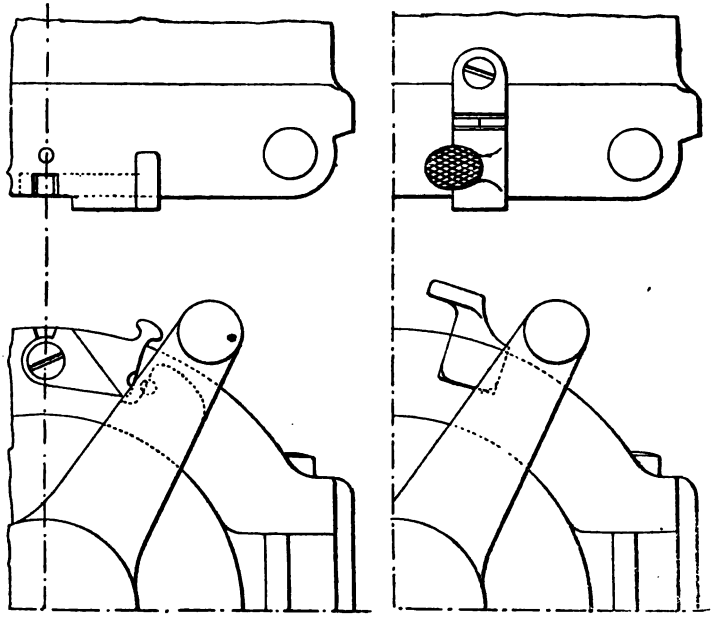
Afin d'éviter ce genre de dégradation, le commandant de Lahitolle qui, déjà dans une de ses premières pièces de 75^{mm}, avait percé la lumière dans la vis-culasse, chercha à réaliser lui aussi l'obturation de la lumière, et fit sur un canon de 95^{mm} quelques essais dont il sera question plus tard.

Un autre genre de dégradation a été également constaté dans le courant de l'année 1876, ce sont des piqûres et des craquelages dans le métal sur le cône de raccordement des chambres.

Modifications apportées aux tables de construction du canon de 95^{mm}. — On a déjà signalé les modifications apportées soit au tracé des coulisses-guides sur la vis-culasse (fig. 2), soit à ceux du grain de lumière et de son logement (fig. 4); le seul autre perfectionnement qui mérite encore d'être signalé est celui qui est relatif au linguet de sûreté. Le premier modèle de linguet d'arrêt, analogue à celui adopté par la marine, ne présentait pas une solidité ni une sécurité suffisantes. Après quelques tentatives pour l'améliorer, on l'a remplacé par un autre dont le tracé est du 31 juillet 1876, et dont on donne ci-joint le croquis comparativement avec celui de l'ancien modèle (fig. 5).

Le nouveau linguet, au lieu de se soulever dans un plan

perpendiculaire à l'axe de la pièce, se soulève dans un plan parallèle ; il est formé de deux pièces articulées : l'une de ces pièces est fixée au moyen d'une vis dans une entaille



Ancien modèle. Fig. 5. Nouveau modèle.

pratiquée dans la frette de culasse, l'autre pièce se soulève et s'abaisse dans la même entaille.

En outre, dès le mois de novembre 1875, le poids total de la bouche à feu a été abaissé de 710 à 700 kil. Ce changement a été opéré par une diminution de diamètre sur les frettes cylindriques et sur la frette de culasse (pl. IV).

Les canons de 95^{mm}, système de Lahitolle, mis en commande au mois de juin 1875, ont été livrés aux batteries de l'artillerie de corps, qui devaient en être armées, dans les premiers mois de 1876 ; ces batteries ont exécuté cette même année leurs écoles à feu avec leur nouveau matériel.

Après la mise en service des canons de 90^{mm} et de 80^{mm},

modèle 1877, ces bouches à feu continuèrent à être affectées, comme précédemment, à l'armement de deux des batteries de l'artillerie de corps.

Mais cette disposition avait pour conséquence d'occasionner la présence simultanée de trois calibres différents dans les mêmes équipages; elle devait avoir pour effet de compliquer les approvisionnements et de multiplier les causes d'erreur dans l'envoi des munitions qui doivent alimenter les batteries et les parcs.

Aussi pour parer à ces graves inconvénients, sur la proposition du ministre, le Président de la République a arrêté, par décision du 20 février 1879, que le canon de 95mm ne ferait plus partie des équipages de campagne affectés à l'artillerie de chaque corps d'armée.

Renseignements numériques sur le matériel de campagne de 95mm (1).

BOUCHE A FEU.				
Dimensions intérieures.	Diamètre de l'âme mesuré sur les cloisons		millim.	95
	Id. au fond des rayures		id.	96,6
	Rayures.	Largeur des cloisons	id.	3,0
		Id. des rayures	id.	7,65
		Profondeur id.	id.	0,8
		Nombre		28
		Inclinaison initiale		1°57'
		Inclinaison finale		7°
		Distance de l'origine des rayures à la tranche arrière du tube	millim.	569
		Longueur de la partie rayée	id.	1 931
	Cône de forcement.	Longueur	id.	100
		Diamètre de la grande base	id.	97
		Id. de la petite base	id.	95
	Cône de raccordement.	Longueur	id.	40
		Diamètre de la grande base	id.	105
		Id. de la petite base	id.	97
		Distance de la grande base du cône à la tranche arrière du tube	id.	462
		Distance du culot de l'obus à la tranche arrière du canon	id.	536

(1) Ces renseignements sont extraits de la deuxième partie du titre premier du *Règlement provisoire sur le service des bouches à feu de campagne*, approuvée par le ministre de la guerre le 1er novembre 1878.

		BOUCHE A FEU (*suite*).		
Dimensions intérieures.	Chambre.	Longueur	millim.	300
		Diamètre	id.	105
	Longueur totale de l'âme [1]		id.	2 291
	Logement de l'obturateur.	Diamètre de la grande base	id.	106,5
		Id. de la petite base	id.	105
		Longueur	id.	32
	Longueur du fossé		id.	12
	Longueur du logement de la vis-culasse (partie filetée)		id.	115
	Diamètre de l'écrou	au fond des filets	id.	155
		au sommet des filets	id.	145
	Distance de la tranche arrière du tube à la tranche arrière de la frette-culasse		id.	50
Dimensions extérieures.	Longueur	totale de la pièce	id.	2 500
		du renfort ou partie frettée	id.	970
		de la volée	id.	1 530
		du tube	id.	2 450
	Diamètre	de la volée, près de la plate-bande de la bouche	id.	148
		du tube sous le frettage	id.	222
		du tube, sous la frette-culasse	id.	254
		du renfort	id.	298,7
	Écartement des embases des tourillons		id.	312
	Diamètre des tourillons		id.	115
	Distance de l'axe des tourillons à la tranche arrière de la frette de culasse		id.	805
	Longueur de la ligne de mire		id.	799
	Distance de la ligne de mire à l'axe du canon.	Verticale	id.	120
		Horizontale	id.	129
Poids du canon (y compris la fermeture de culasse)			kilogr.	700
Prépondérance de culasse			id.	15
Poids de la fermeture de culasse sans tête mobile			id.	39
Poids de la tête mobile			id.	2,500 2,000
		MUNITIONS.		
Obus modèle 1875.	Longueur totale (sans la fusée)		millim.	298
	Diamètre extérieur du cylindre		id.	93,5
	Diamètre de la partie cylindrique du renflement de l'ogive		id.	94,5
	Diamètre de la ceinture	à l'arrière	id.	97,0
		à l'avant	id.	96,0
	Épaisseur de la paroi cylindrique		id.	23,0
	Épaisseur du culot		id.	23,0
	Poids de l'obus vide		kilogr.	10,360
	Poids de la charge intérieure au minimum (poudre MC_{30})		gram.	370
	Poids de l'obus armé en guerre		kilogr.	10,945
Obus à double [2] paroi.	Poids de l'obus vide		id.	10,800
	Poids de l'obus chargé en guerre		id.	10,885

[1] L'âme est le vide intérieur de la bouche à feu ; pour les bouches à feu se chargeant par la culasse, l'âme s'arrête au champignon de la tête mobile, la culasse fermée.

[2] L'obus à double paroi a les mêmes dimensions extérieures et inférieures que l'obus ordinaire. La paroi cylindrique est formée de deux parties emboîtées l'une dans l'autre ; la paroi intérieure présente sur sa surface externe 30 petites pyramides quadrangulaires qui pénètrent dans des cavités correspondantes de la paroi extérieure.

MUNITIONS (*suite*).

Obus à libres balles (syst. Voilliard).	Nombre de balles		104
	Diamètre des balles en fer	millim.	20,2
	Poids de l'obus vide (les balles et le tube en place)	kilogr.	11,00
	Poids de la charge intérieure (poudre MC_{30})	gramm.	150
	Poids de l'obus chargé en guerre	kilogr.	11,460
Gargousse.	Longueur de la gargousse (y compris la ligature)	millim.	280
	Diamètre (maximum)	id.	97
	Poids de la charge de poudre (C_1)	kilogr.	2,100

MATÉRIEL.

Affût.	Élévation au-dessus du sol de l'axe du logement des tourillons (l'affût en batterie)	millim.	1 076
	Distance du point d'appui des roues à celui de la crosse (l'affût en batterie)	id.	1 865
	Poids total de l'affût	kilogr.	750
	Poids total de l'affût chargé de la pièce	id.	1 450
	Pression de la crosse sur le sol, sans la pièce	id.	110
	Pression de la crosse sur le sol, avec la pièce	id.	95
	Pression de la lunette de crosse sur le crochet cheville ouvrière — avec la pièce	id.	100
	Pression de la lunette de crosse sur le crochet cheville ouvrière — sans la pièce	id.	50
	Poids d'une roue	kilogr.	125
	Diamètre des roues	métr.	1,49
	Voie de l'affût	id.	1,500
	Limite du tir — au-dessous de l'horizon	degrés	10°
	Limite du tir — au-dessus de l'horizon	id.	24°
Avant-train.	Poids du coffre à munitions (mod. 1840) vide, muni de ses garnitures intérieures	kilogr.	110
	Poids du coffre à munitions chargé (coffre d'avant-train d'affût à 18 coups)	id.	350
	Poids total de l'avant-train	id.	840
Pièce.	Poids total de la pièce attelée	id.	2 290
	Longueur totale de la pièce du bout du timon à la bouche de la pièce	mètres	7,90
	Distance entre les trains (entr'axe des essieux)	id.	2,40
	Diamètre du cercle dans lequel la pièce peut tourner	id.	10,10
	Voie de la pièce	id.	1,52
Caisson.	Poids du coffre à munitions (mod. 1840) chargé (coffre de caisson, 21 coups)	kilogr.	425
	Poids total de l'avant-train	id.	840
	Poids total de l'arrière-train	id.	1 410
	Poids total du caisson (avec outils, roue de rechange et caisse aux instruments)	id.	2 390
	Longueur totale du caisson (du bout du timon à la roue de rechange)	mètres.	7,30
	Distance entre les trains (entr'axe des essieux)	id.	2,40
	Diamètre du cercle dans lequel le caisson peut tourner	id.	10,10
	Voie du caisson	id.	1,52

Données sommaires sur le tir du canon de 95mm.

Charge de tir 2k,100
Poids du projectile 10k,900
Vitesse initiale. 443m
Angle de relèvement. . . . . 17′

Limite de pointage avec la hausse seule. . . . . 5 500 mètres
Inclinaison de la bouche à feu au delà de laquelle on ne peut plus charger la pièce . . . . . 9° (3 600m)

PORTÉES.	HAUSSES.	DÉRIVES.	ANGLES de tir.	ÉCARTS PROBABLES en portée.	ÉCARTS PROBABLES en direction.	ÉCARTS PROBABLES en hauteur.	ZONES DANGEREUSES pour l'infanterie (1m,80).	ZONES DANGEREUSES pour la cavalerie (2m,50).	FLÈCHE maximum de la trajectoire.	DISTANCES à la pièce de la flèche de 10 mètres de hauteur dans la branche ascendante.	DISTANCES au point de chute de la flèche de 20 mètres de hauteur dans la branche ascendante.	DURÉES du trajet.
mètres.	millim.	millim.	degrés.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	second.
500	7	0	1/2	11	0,3	0,2	165	500	2	»	»	1,2
1 000	21	0,5	1 1/2	10	0,5	0,3	54	76	9	»	»	2,6
1 500	37	0,5	2 3/4	10	0,8	0,6	30	43	21	255	480	4,2
2 000	54	0,5	4	10	1,1	0,9	20	28	40	160	250	5,9
2 500	74	1,0	5 1/4	11	1,4	1,4	14	20	68	110	170	7,8
3 000	97	1,5	6 3/4	12	1,9	2,0	10	15	108	85	120	9,8
3 500	121	1,5	8 1/2	13	2,3	2,8	8	11	160	65	95	12,0
4 000	149	2,0	10 1/2	14	2,9	3,7	6	9	225	55	75	14,5
4 500	181	2,5	12 3/4	15	3,5	4,9	5	8	305	45	60	17,1
5 000	218	3,0	15 1/4	16	4,3	6,5	4	6	410	35	50	19,8
5 500	260	3,5	18	18	5,4	»	»	»	»	30	»	22,6
6 000	308	4,5	21	21	6,9	»	»	»	»	25	»	25,5
6 500	366	5,0	24 1/2	25	8,8	»	»	»	»	20	»	29,2
7 000	434	6,5	28 1/2	32	11,5	»	»	»	»	15	»	32,5

(A suivre).

RÉSISTANCE DE L'AIR[1].

TRAJECTOIRE.

Je commencerai par démontrer certaines propriétés générales de la trajectoire qui n'ont pas encore été énoncées.

En admettant, ce qui est incontestable, que la résistance croît plus rapidement que le carré de la vitesse, on arrive aux conclusions suivantes :

La trajectoire n'a qu'une seule branche infinie avec une asymptote verticale.

La branche ascendante n'est pas infinie ; par conséquent, il n'y a pas d'asymptote inclinée.

Toute trajectoire, décrite par un projectile lancé avec une vitesse et suivant une direction quelconque, est la continuation de la trajectoire qui serait décrite par le même projectile lancé avec une vitesse infinie, à partir d'une origine dont la distance n'est pas infinie.

Bien entendu, le projectile étant supposé infiniment résistant.

Soit α, l'angle variable que la tangente à la trajectoire fait avec l'horizontale, cet angle étant compté comme positif en dessous.

Décomposons la vitesse v en deux composantes, l'une horizontale $u = v \cos \alpha$, l'autre verticale $u' = v \sin \alpha$, nous aurons :

$$\frac{du}{dt} = \cos \alpha \frac{dv}{dt} - v \sin \alpha \frac{d\alpha}{dt} \text{ et } \frac{du'}{dt} = \sin \alpha \frac{dv}{dt} + v \cos \alpha \frac{d\alpha}{dt}$$

les équations différentielles

[1] Voir *Revue d'artillerie*, t. XI, p. 254, 345, 475 et 561 ; t. XIII, p. 531 ; t. XIV, p. 38.

$$\frac{du}{dt} = -\frac{R}{m}\cos\alpha \quad \text{et} \quad \frac{du'}{dt} = g - \frac{R}{m}\sin\alpha$$

deviennent

$$\cos\alpha\,\frac{dv}{dt} - v\sin\alpha\,\frac{d\alpha}{dt} = -\frac{R}{m}\cos\alpha$$

$$\sin\alpha\,\frac{dv}{dt} + v\cos\alpha\,\frac{d\alpha}{dt} = g - \frac{R}{m}\sin\alpha$$

multipliant la première par *cos* α, la seconde par *sin* α et ajoutant,

$$\frac{dv}{dt} = g\sin\alpha - \frac{R}{m}$$

multipliant la première par *sin* α, la seconde par *cos* α et retranchant la première de la seconde,

$$v\,\frac{d\alpha}{dt} = g\cos\alpha$$

d'où, en divisant,

$$\frac{dv}{d\alpha} = \frac{v}{\cos\alpha}\left(\sin\alpha - \left(\frac{R}{gm}\right)\right)$$

De l'équation

$$\frac{du}{dt} = \cos\alpha\,\frac{dv}{dt} - v\sin\alpha\,\frac{d\alpha}{dt} \text{ on tire } \frac{du}{d\alpha} = \cos\alpha\,\frac{dv}{d\alpha} - v\sin\alpha$$

remplaçant $\frac{dv}{d\alpha}$ par sa valeur, on a :

$$\frac{du}{d\alpha} = v\left(\sin\alpha - \left(\frac{R}{gm}\right)\right) - v\sin\alpha = -v\left(\frac{R}{gm}\right)$$

posons *tang* $\alpha = p$, nous aurons,

$$dp = \frac{d\alpha}{\cos^2\alpha} = \frac{v^2}{u^2}\,d\alpha$$

par suite,

$$dp = -\left(\frac{gm}{R}\right)\frac{vdu}{u^2}$$

Branche ascendante. — Soient U, la vitesse au sommet, R_1 la résistance correspondante. Si la résistance varie plus

rapidement qu'une certaine puissance n de la vitesse, nous aurons pour toutes les vitesses supérieures à U_1 :

$$R > \frac{R_1 v^n}{U_1^n}, \text{ par suite } \left(\frac{gm}{R}\right) v < \left(\frac{gm}{R_1}\right) \frac{U_1^n}{v^{n-1}}$$

et, puisque v est toujours plus grand que U, nous aurons, à plus forte raison :

$$\left(\frac{gm}{R}\right) v < \left(\frac{gm}{R_1}\right) \frac{U_1^n}{u^{n-1}}$$

par suite,

$$\int_{U_1}^{\infty} \left(\frac{mg}{R}\right) \frac{vdu}{u^2} < \left(\frac{gm}{R_1}\right) U_1^n \int_{U_1}^{\infty} \frac{du}{u^{n+1}} = \frac{1}{n} \left(\frac{gm}{R_1}\right)$$

or, en représentant par p_1 la valeur de p correspondant à $u = \infty$, on a :

$$p_1 = \int_{U_1}^{\infty} \left(\frac{gm}{R}\right) \frac{V du}{u^2}, \text{ donc } p_1 < \frac{1}{n} \left(\frac{gm}{R_1}\right)$$

α_1 étant le plus grand angle que la tangente à la branche ascendante puisse faire avec l'horizontale, on a

$$\text{tang } \alpha_1 < \frac{1}{n} \left(\frac{gm}{R_1}\right)$$

soit x le chemin parcouru dans le sens horizontal, on a $dx = udt$; de l'équation différentielle

$$\frac{du}{dt} = -\frac{R}{m} \cos \alpha = -\frac{Ru}{mv} \text{ on tire } gdx = -\left(\frac{gm}{R}\right) vdu$$

par conséquent, en représentant par x_1 le chemin parcouru en passant de $u = \infty$ à $u = U_1$, on a :

$$gx_1 = \int_{U_1}^{\infty} \left(\frac{gm}{R}\right) vdu$$

$$\text{or } \left(\frac{gm}{R}\right) v < \left(\frac{gm}{R_1}\right) \frac{U_1^n}{v^{n-1}} < \left(\frac{gm}{R_1}\right) \frac{U_1^n}{u^{n-1}}$$

par suite

$$\int_{U_1}^{\infty} \left(\frac{gm}{R}\right) vdu < \frac{gm}{R_1} U_1^n \int_{U_1}^{\infty} \frac{du}{u^{n-1}}$$

mais si n est plus grand que 2, on a :

$$\int_{U_1}^{\infty} \frac{du}{u^{n-1}} = \frac{1}{(n-2)} \frac{1}{U_1^{n-2}}, \text{ donc } gx_1 < \frac{1}{(n-2)} \left(\frac{gm}{R_1}\right) U_1^2$$

nous pouvons conclure que si la résistance varie plus rapidement que le carré de la vitesse, le chemin parcouru par le projectile dans le sens horizontal en passant de la vitesse infinie à la vitesse finie U_1 n'est pas infini.

Soit y l'abaissement du projectile au-dessous de l'axe horizontal mené par le sommet, on a $dy = pdx$; mais p est toujours moindre que p_1, donc, en représentant par y_1 la valeur de y pour $U = \infty$, on a $y_1 < p_1 x_1$.

Donc, la trajectoire décrite par un projectile dont la vitesse au sommet est U_1 est la continuation de la trajectoire qui serait décrite par ce même projectile lancé avec une vitesse infinie suivant une direction faisant avec l'horizontale l'angle α, et à partir d'une origine dont les coordonnées par rapport au sommet auraient les valeurs absolues

$$x_1 < \frac{1}{(n-2)} \left(\frac{gm}{R_1}\right) \frac{U_1^2}{g} \quad \text{et} \quad y_1 < \frac{1}{n(n-2)} \left(\frac{gm}{R_1}\right)^2 \frac{U_1^2}{g}$$

Branche descendante. — L'équation

$$\frac{dv}{d\alpha} = \frac{v}{\cos \alpha} \left(\sin \alpha - \left(\frac{R}{gm}\right)\right)$$

fait voir que la vitesse va en décroissant tant que le sinus de l'angle α reste moindre que le rapport de la résistance au poids du projectile; elle atteint un minimum qui est toujours moindre que la vitesse finale w, puis va en s'accroissant jusqu'à w. Pour déterminer la valeur de u et de p correspondant à ce minimum, nous avons les deux équations

$$dp = -\left(\frac{gm}{R}\right) \frac{vdu}{u^2} \quad \text{et} \quad \sin \alpha = \frac{p}{\sqrt{1+p^2}} = \left(\frac{R}{gm}\right)$$

soient U_2 et R_2 ces deux valeurs. Pour toutes les valeurs de u supérieures à U_2 nous avons :

$$R > \left(\frac{R_2}{gm}\right) \frac{U_2^n}{v}, \text{ par suite } \left(\frac{gm}{R}\right) v < \left(\frac{gm}{R_2}\right) \frac{U_2^n}{v^{n-1}} < \left(\frac{gm}{R_2}\right) \frac{U_2^n}{u^{n-1}}$$

en appelant x_2 le chemin parcouru par le projectile pour passer de la vitesse U_1 à U_2 nous aurons :

$$gx_2 = \int_{U_2}^{U_1} \left(\frac{gm}{R}\right) v du < \left(\frac{gm}{R_2}\right) U_2^n \int_{U_2}^{U_1} \frac{du}{u^{n-1}} <$$
$$< \left(\frac{gm}{R_2}\right) \frac{U_2^2}{(n-2)} \left(1 - \frac{U_2^{(n-2)}}{U_1^{(n-2)}}\right)$$

pour toutes les valeurs de u inférieures à U_2, nous avons :

$$R > R_2 \text{ et } v < w, \text{ donc } \left(\frac{gm}{R}\right) v < \left(\frac{gm}{R_2}\right) w$$

en représentant par x_3 le chemin parcouru pour passer de la vitesse U_2 à 0, nous aurons :

$$gx_3 < \left(\frac{gm}{R_2}\right) w U_2$$

La distance totale comprise entre le point où le projectile est lancé avec une vitesse infinie et l'asymptote verticale est

$$x_1 + x_2 + x_3 < \frac{1}{(n-2)} \left(\frac{gm}{R_1}\right) \frac{U_1^2}{g} + \frac{1}{(n-2)} \left(\frac{gm}{R_2}\right) \frac{U_2^2}{g}$$
$$\left(1 - \frac{U_2^{n-2}}{U_1^{n-2}}\right) + \left(\frac{gm}{R_2}\right) \frac{w U_2}{g}$$

Nous prendrons pour exemple l'hypothèse de la résistance proportionnelle au cube de la vitesse ; dans ce cas, on a :

$$\left(\frac{R}{gm}\right) = \frac{v_3}{w_3}, \text{ l'équation } dp = -\left(\frac{gm}{R}\right) \frac{v du}{u^2} \text{ devient :}$$

$$dp = -\frac{w^3 du}{v^2 u^2} \qquad (1 + p^2)\, dp = w \frac{du}{u^4}$$

En intégrant et déterminant la constante par la condition $p = 0$ pour $u = U_1$, on a :

$$3p + p^3 = \frac{w^3}{u^3} - \frac{w^3}{U_1^3}$$

Pour déterminer la limite des valeurs de p sur la branche

ascendante, il faut faire $u = \infty$; la valeur de p_1 sera donnée par l'équation

$$p_1^3 + 3p_1 = \frac{w^3}{U_1^3}$$

En supposant $U_1 = w$, on aurait $p_1 = 0{,}325\ldots$, ce qui correspond à un angle de 18°, d'où il suit que, quelque grande que soit la vitesse initiale, du moment que l'angle de tir atteint 18°, la vitesse au sommet est moindre que la vitesse finale.

Pour déterminer le point correspondant à la vitesse minimum, on a les deux équations

$$p^3 + 3p = \frac{w^3}{u^3} - \frac{w^3}{U_1^3} \text{ et } \frac{p}{(1+p^2)^2} = \frac{u^3}{w^3}, \text{ d'où } p^2 + \frac{w^3}{U_1^3}\,p = 1$$

en supposant $U_1 = w$, on a $p = 0{,}65\ldots$, ce qui donne un angle de 33° 30′.

A mesure que la valeur de U_1 augmente, la valeur p s'approche de 1 ; c'est-à-dire que l'angle correspondant à la vitesse minimum s'approche de 45°.

Pour le chemin parcouru en passant de la vitesse infinie à U_1, on a :

$$gx_1 < \frac{w^3}{U_1}\text{ ; en posant } U_1 = w \text{ on aurait } x_1 = \frac{w^2}{g}$$

Ainsi, en supposant qu'un projectile, pour lequel la vitesse finale w serait de 100 mètres, soit lancé avec une vitesse infinie sous l'angle de 18°, la distance horizontale de l'origine au sommet de la trajectoire serait moindre que 1 020 mètres, la vitesse au sommet serait de 100 mètres, la vitesse minimum correspondrait au point où la tangente à la branche descendante ferait avec l'horizontale un angle de 33° 30′.

C. E. Page,
Professeur à l'école d'artillerie de Vincennes.

RECHERCHES

SUR LES

SUBSTANCES EXPLOSIVES

COMBUSTION DE LA POUDRE

Par le capitaine NOBLE et F. A. ABEL

(**Extrait des** ***Proceedings of the Royal Society.***)

M. le capitaine Noble et M. le professeur Abel ont présenté en 1879 à la Société royale de Londres, un mémoire sur la combustion de la poudre, faisant suite à celui qu'ils ont publié en 1875 (1).

Dans un premier tableau qui complète les résultats de leurs précédentes expériences, sont réunis ceux de l'analyse des produits de l'explosion des trois poudres de guerre fabriquées actuellement par la poudrerie de Waltham-Abbey (2), avec l'indication des plus forte, plus faible et moyenne proportions trouvées, en volume pour chaque gaz, en poids pour chaque produit solide ; puis l'analyse des produits de l'explosion de trois autres espèces de poudre ; ces quatre sortes de poudre différant sous beaucoup de rapports de celles qui avaient servi pour la première série d'expériences. Un second tableau, qui n'a pas été reproduit ici, donne les résultats complets de toutes les analyses, avec la mention de la quantité d'eau préexistant dans chaque échantillon de poudre ; la densité moyenne des produits de la combustion varie de 0,1 à 0,9 pour les trois poudres de guerre.

(1) Voir *Revue d'artillerie*, tome VII, page 393.
(2) Poudres *pebble* : à très-gros grains, RLG (rifle large grain), FG (fin grain).

ESPÈCE DE POUDRE.	PROPORTION.	VOLUME DES GAZ proportion pour 100.							POIDS DES PRODUITS SOLIDES proportion pour 100 du poids total.									
		Acide carbonique.	Oxyde de carbone.	Azote.	Acide sulfhydrique.	Gaz des marais.	Hydrogène.	Oxygène.	Carbonate de potasse.	Sulfate de potasse.	Hyposulfite de potasse.	Monosulfure de potassium.	Sulfocyanate de potasse.	Azotate de potasse.	Potasse.	Sesquicarbonate d'ammoniaque.	Soufre.	Charbon.
Pebble W.A	Moyenne	48,94	13,70	32,14	2,60	0,31	2,34	»	57,17	12,46	13,89	10,25	0,27	0,23	»	0,10	5,45	0,15
	La plus forte	51,75	16,09	32,75	4,23	0,68	3,50	»	64,20	15,02	32,18	19,12	0,57	0,48	»	0,17	8,45	1,35
	La plus faible	44,78	10,87	31,31	1,70	0,00	1,67	»	50,20	9,13	3,71	2,23	0,06	0,00	»	0,06	0,61	traces.
RLG W.A	Moyenne	49,47	12,47	32,91	2,65	0,43	2,19	0,06	59,05	14,58	13,20	6,27	0,22	0,26	»	0,07	6,26	0,07
	La plus forte	52,65	17,04	35,60	4,29	0,84	3,01	0,57	66,51	24,22	25,33	9,92	0,49	0,56	»	0,18	12,03	0,71
	La plus faible	46,29	8,98	30,29	1,56	0,00	1,27	0,00	48,68	4,64	3,08	2,02	0,05	0,00	»	0,04	1,25	traces.
FG W.A	Moyenne	50,62	10,46	33,20	2,48	0,19	2,96	0,08	48,31	21,11	24,79	2,41	0,12	0,16	1,29	0,05	1,75	»
	La plus forte	53.34	16,25	34,64	3,76	0,50	4,13	0,28	59,39	24,22	34,61	5,12	0,25	0,26	5,39	0,15	5,72	»
	La plus faible	44,76	7,71	32,22	2,00	0,00	2,04	0,00	41,88	17,86	5,30	0,00	0,02	0,08	0,00	0,01	0,09	»
	Densité moyenne des produits de la combustion.																	
Espagnole, ronde	0,7	53,34	4,62	37,80	2,74	»	1,29	0,21	34,97	47,62	7,60	3,17	0,04	0,93	»	0,04	5,63	»
Curtis et Harvey n° 6	0,3	50,22	7,52	34,46	2,08	2,46	3,26	»	58,51	21,43	3,93	10,02	»	0,29	»	0,09	5,73	»
Poudre de mine	0,3	32,15	33,75	19,03	7,10	2,73	5,24	»	40,78	0,58	7,84	33,20	2,92	0,09	»	1,76	12,93	2,00

Une partie du mémoire est consacrée à discuter quelques questions soulevées par le général Morin et M. Berthelot, dans leur rapport à l'Académie des sciences sur le premier mémoire.

1. — L'hyposulfite de potasse dont la présence a été constatée dans toutes les expériences récentes, est-il un des produits *primitifs* de la combustion, ou faut-il le considérer comme *dérivé* des premiers pendant leur refroidissement rapide ; ou, encore, vient-il de l'oxydation du sulfure pendant l'extraction et l'analyse des résidus, et n'est-il ainsi qu'un produit accidentel ?

2. — De l'examen des produits de la combustion de la poudre en vase clos, les auteurs concluent que toute tentative pour exprimer par une équation chimique, même compliquée, les transformations d'une poudre de composition normale, ferait croire à tort à une certaine simplicité et à une reproduction identique dans des circonstances déterminées, sans rendre plus claire la théorie de ces réactions.

M. Berthelot propose de représenter par une série d'équations chimiques simultanées, le résultat des analyses, au moins en ce qui touche les produits fondamentaux.

3. — Pour la chaleur dégagée dans l'explosion (résultats donnés par les auteurs avec quelque réserve), MM. Morin et Berthelot regardent les nombres obtenus comme trop faibles, en se basant sur le défaut de sensibilité de l'appareil, et sur les nombres plus élevés déterminés par M. de Tromenec et MM. Roux et Sarrau.

Au sujet des équations chimiques de M. Berthelot, les auteurs n'ont jamais eu la pensée de nier qu'il fût possible de trouver ainsi une expression approchée des résultats d'une expérience particulière. Ce qu'ils maintiennent comme bien établi par les grandes différences observées, surtout entre les résidus solides, pour des échantillons de poudres presque semblables ou même d'une seule poudre, c'est que ces réactions peuvent beaucoup varier pour des causes inconnues, et que toute équation est sans valeur,

puisqu'elle ne peut déterminer d'avance les métamorphoses produites par l'explosion d'une poudre de composition normale.

M. Berthelot expose que la formation des principaux produits : acide carbonique, oxyde de carbone, sulfate et carbonate de potasse, sulfure de potassium, est définie assez exactement par l'hypothèse de trois, quatre ou cinq réactions théoriques différentes affectant simultanément des portions variables de la poudre en expérience ; car il faut tenir compte de faits tels que celui-ci : ou le sulfate est en proportion négligeable, ou il atteint 12 et 14 p. 100.

Après avoir donné de nouvelles équations applicables, pour les produits principaux seulement, au cas d'un excès de salpêtre ou d'un excès de charbon, M. Berthelot passe aux produits qu'il appelle accessoires. L'hyposulfite de potasse mis à part, il donne d'abord deux équations pour justifier la production de sulfocyanure, puis deux autres pour expliquer l'existence du sesquicarbonate d'ammoniaque (qu'il pense être dû à l'action de la vapeur d'eau sur le cyanure de potassium). La présence d'hydrogène libre ou sulfuré est justifiée par deux autres équations, et le gaz des marais est attribué à la décomposition du charbon de bois.

Enfin une équation permet d'admettre la formation de traces d'hyposulfite, bien que M. Berthelot le regarde comme produit en entier pendant la manipulation des résidus.

Ainsi, sous sa forme la plus simple, cette théorie de M. Berthelot comprend 9 ou 10 réactions distinctes et simultanées, auxquelles il faut joindre 3 ou 4 nouvelles équations chimiques pour expliquer la production, pendant le refroidissement, d'un certain nombre de produits qualifiés de secondaires. Bien que de telles recherches soient certainement intéressantes, et puissent peut-être fournir à l'instruction élémentaire quelques explications satisfaisantes du phénomène, les auteurs y voient, surtout, la meilleure preuve que toute représentation chimique générale des

métamorphoses produites par l'explosion d'une poudre de composition normale est sans valeur pratique.

Quant à l'hyposulfite de potasse, dont la proportion dans les résidus varie, d'après leurs premières expériences, de 3 à 35 p. 100, généralement en sens inverse du monosulfure, les auteurs répondent à M. Berthelot en décrivant les précautions qu'ils ont prises pour éviter l'oxydation du sulfure. Ils admettent qu'elle a pu se produire partiellement pendant l'inévitable exposition à l'air des résidus, au sortir du cylindre ; l'oxydation se manifestait alors par un dégagement de chaleur. Par contre, ils font remarquer que, pendant les analyses, leurs procédés préservaient le sulfure de toute altération ; ils démontrent, en outre, par les grandes variations dans la quantité d'hyposulfite, et l'existence de sulfure en proportion parfois considérable, dans des expériences conduites toutes uniformément, que l'hypothèse de l'oxydation accidentelle des résidus pendant la manipulation ne suffit pas à expliquer tout ce qui est en plus des faibles traces d'hyposulfite admises par M. Berthelot.

Les faits suivants, déjà exposés dans le premier mémoire, viennent à l'appui de cette opinion :

1° La couche supérieure de quelques-uns des résidus, analysée à part, contenait beaucoup plus d'hyposulfite que la partie inférieure. Dans un cas, les chiffres ont été 17,14 et 4,34 p. 100, tandis que le monosulfure était en quantités à peu près égales (6,03 et 7,3), et que les proportions de soufre libre étaient très-différentes (4,88 dans la couche supérieure, et 10,09 dans l'autre);

2° Un petit bouton de matière fondue, détaché sans cassure et renfermé dans un petit tube scellé aussitôt, puis analysé, contenait de l'hyposulfite et pas de sulfure, tandis que la masse des résidus de cette expérience renfermait une forte proportion de ce dernier produit ;

3° Les variations dans la capacité du récipient influent peu sur la quantité d'hyposulfite, quoiqu'il y en ait toujours plus avec une faible densité de chargement,

tandis qu'une variation dans la grosseur des grains de poudre influe beaucoup.

Pour obtenir des indications plus précises, les auteurs ont, dans deux expériences sur les poudres *pebble* et RLG, modifié les procédés d'extraction et d'analyse des produits solides. Dans les résidus enlevés le plus promptement possible, on sépara d'abord la couche supérieure de la couche inférieure, puis chacune de ces parts fut divisée en deux dont l'une, en gros morceaux, fut scellée rapidement dans des flacons privés d'oxygène, et l'autre, réduite en poudre fine, fut exposée à l'air pendant quarante-huit heures.

La partie pulvérisée de la couche inférieure s'échauffa plus que celle de la couche supérieure. Pour la poudre *pebble,* le thermomètre, plongé dans la masse, accusa une température de 315° centigrades qui diminua rapidement après une demi-heure d'exposition à l'air. Les parties préservées du contact de l'air contenaient de 5 à 8,5 p. 100 d'hyposulfite. Celles dont on avait favorisé l'oxydation ne contenaient plus de sulfure ; un seul échantillon sur quatre en renfermait encore 3 p. 100.

Mais comme de pareilles conditions ne se sont jamais rencontrées accidentellement dans leurs expériences, les auteurs se croient fondés à affirmer que l'absence de sulfure dans trois expériences sur la poudre FG n'est pas le résultat de la manipulation, et que, lorsqu'ils ont trouvé une grande quantité d'hyposulfite (comme dans 6 des 19 expériences sur les poudres *pebble* et RLG, et 8 fois sur 9 avec la poudre FG), la plus grande part de ce produit existait avant l'ouverture du cylindre.

Deux fois, avec un échantillon de poudre de chasse et un autre de poudre de mine, aussitôt le cylindre refroidi, on y injecta de l'eau distillée privée d'air par une longue ébullition, de manière à empêcher tout contact avec l'air. Le cylindre rempli et refermé, on laissait aux résidus le temps de se dissoudre complétement, pour verser ensuite

la dissolution dans des flacons privés d'air que l'on tenait fermés jusqu'au moment de l'analyse.

On trouva, dans ces deux expériences, 4 et 6 p. 100 d'hyposulfite. Dans toute la série, trois expériences sur la poudre *pebble*, quatre sur la poudre RLG, et une seule sur la poudre FG ont donné un résultat à peu près égal, sans qu'il soit possible d'assigner une cause à l'anomalie qu'elles présentent.

La poudre de chasse de Curtis et Harvey n° 6, essayée par comparaison avec les poudres de guerre, n'en diffère pas sensiblement comme composition ; la proportion de charbon est intermédiaire entre celles des poudres RLG et FG. On n'a constaté aucune différence marquante entre les produits solides ou gazeux fournis par cette poudre et ceux des quatre poudres de guerre. Avec la poudre de mine, le cas est tout autre. Elle présente une composition particulière : la proportion de salpêtre est plus faible de 11 p. 100, tandis que le charbon et le soufre sont augmentés de moitié ; le charbon est celui de la poudre *pebble*. Dans les produits de la combustion, l'oxyde de carbone est plus que doublé, tandis que l'acide carbonique descend à 32 p. 100 ; les deux gaz sont à peu près dans la même proportion ; il y a plus d'hydrogène libre, carboné et sulfuré. Les résidus solides présentent des particularités intéressantes : peu de carbonate de potasse, comme on pouvait le prévoir ; 0,5 p. 100 de sulfate, et 33 p. 100 de monosulfure ; la proportion n'a été aussi forte que dans les expériences de Federow ; et, parmi les nombreux cas où la poudre RLG n'a donné que peu de sulfate, une seule fois on a trouvé autant de soufre libre ; l'hyposulfite atteint 6 p. 100, soit 2 p. 100 de plus qu'avec la poudre de chasse. Il y a plus de sesquicarbonate d'ammoniaque que dans aucune autre expérience et le sulfocyanure de potassium atteint 3 p. 100, soit cinq fois la plus forte proportion trouvée, en dehors des expériences de Linck ; enfin, le charbon est en excès. Ces résultats sont ceux que pouvait faire prévoir

la diminution du rapport de l'élément oxydant aux éléments oxydables.

Les auteurs concluent de cette expérience que l'hyposulfite doit bien être classé parmi les produits inévitables et les plus importants de la combustion de la poudre en vase clos.

Dans un appendice du mémoire, sont consignés les résultats des calculs suivants :

1° Poids des produits gazeux déduit des données fournies par l'analyse des produits solides ;

2° Poids des produits solides déduit de l'analyse des produits gazeux ;

3° Comparaison du poids des corps simples trouvés dans les produits de la combustion, et du poids des mêmes éléments dans la poudre avant l'explosion ;

4° Poids de l'oxygène de l'hyposulfite de potasse.

L'examen de ce tableau établit la concordance des différentes analyses.

Les produits de la combustion renferment, en moyenne, un peu plus d'oxygène que la poudre en expérience ; d'où l'on peut conclure, avec quelque fondement, qu'une partie de l'hyposulfite vient de l'oxydation à l'air du monosulfure. D'autre part, en se reportant aux analyses où l'hyposulfite s'est rencontré en très-forte proportion, on voit que si l'on considérait tout l'oxygène de ce produit comme absorbé après l'expérience, il y aurait un déficit de ce gaz plus considérable que l'excès constaté d'abord. D'où l'on peut également conclure, avec vraisemblance, que la plus grande partie de l'hyposulfite existe dans les résidus avant qu'on ouvre le cylindre.

En passant à l'étude de la chaleur dégagée, les auteurs rappellent qu'ils ont signalé dans leur premier mémoire les inconvénients et les erreurs qui provenaient de la forme de leur appareil primitif ; ils ne doutaient, du reste, pas qu'avec leur nouvel appareil, ils ne dussent obtenir une

grande économie de temps et de travail, en même temps qu'une plus grande exactitude.

Mais comme leur principal but était alors de savoir si la poudre, brûlant en grande quantité sous une pression comparable à celle que l'on obtient dans les bouches à feu, donnait les mêmes produits qu'en petit échantillon et sous une faible pression, ils avaient dû se servir, pour ces premières expériences, de récipients très-résistants et très-lourds, qui par suite convenaient peu aux observations calorimétriques.

Un examen plus approfondi de la question montre que les différences entre les résultats des premières déterminations de chaleur publiées par les auteurs, et celles des expérimentateurs cités par MM. Morin et Berthelot sont dues moins à des erreurs d'observations qu'à des différences essentielles dans le mode de décomposition de différentes espèces de poudres.

Les deux récipients employés dans la seconde série d'expériences sont de la forme de ceux qui sont décrits dans le premier mémoire, mais de capacité et de poids bien moins considérables (1). La chaleur spécifique en était soigneusement déterminée ainsi que la chaleur absorbée par le calorimètre pour différentes élévations de température. Les thermomètres construits exprès pouvaient mesurer 0°01 F. (0°006 C.).

Pour déterminer la chaleur dégagée, on plaçait une charge de 150 à 200 grains (en grammes, 9,72 à 12,96) dans le petit cylindre, et de 400 grains (25^{gr},92) dans le plus grand.

Le récipient immergé, on mettait le feu par le procédé ordinaire ; la température était notée avant l'explosion, et observée après, jusqu'à ce qu'elle eût atteint son maximum (au bout de 2 ou 3 minutes).

Les expériences ont porté sur les principales poudres

(1) L'un des récipients pesait 1 331 grammes, avec un vide intérieur de 32 centimètres cubes ; l'autre pesait 3 430 grammes et avait une capacité de 118,8[illegible]

de guerre et sur trois autres de composition assez différente : la poudre anglaise ordinaire de mine, la poudre de chasse de Curtis et Harvey n° 6 et la poudre espagnole ronde.

Le tableau ci-dessous indique en unités-gramme (0,001 de calorie) la quantité de chaleur dégagée par l'explosion de 1 gramme de poudre. Les résultats obtenus avec le grand récipient sont entrés dans la moyenne générale, comme plus probables, avec un coefficient double.

ESPÈCE de poudre.	UNITÉS-GRAMME DE CHALEUR POUR 1 GRAMME DE POUDRE.		
	Moyenne des expériences		Moyenne générale.
	(petit récipient).	(grand récipient).	
Pebble	712,6	715,5	714,5
RLG	717,0	718,6	718,1
FG.	725,7	728,0	727,2
C et H n° 6	754,3	756,1	755,5
De mine	508,7	508,9	508,8
Espagnole	762,4	762,3	762,3

Les poudres, essayées telles qu'on les emploie, renfermaient une quantité variable d'humidité qui influe, surtout dans le tir des bouches à feu, sur les pressions et le travail développés. Les résultats corrigés, dans l'hypothèse de poudres parfaitement sèches, sont :

Pour 1 gramme de poudre	pebble. . . .	721,4	unités-gramme.
— 1	—	RLG	725,7	—
— 1	—	FG.	738,3	—
— 1	—	C et H n° 6 .	764,4	—
— 1	—	de mine . . .	516,8	—
— 1	—	espagnole . .	767,3	—

On voit que la quantité de chaleur dégagée change avec la nature de la poudre. De plus, pour une même poudre, cette quantité varie d'un essai à l'autre plus que ne le comportent les [illegible] observations. On pouvait le prévoir, à cause de

la diversité des produits de la combustion dans des circonstances identiques, fait inconciliable avec l'invariabilité de la quantité de chaleur dégagée. Les études faites sur le coton-poudre, à l'aide du même appareil, confirment d'ailleurs cette manière de voir : la quantité de chaleur a été sensiblement constante, d'une expérience à l'autre.

Dans leur premier mémoire, les auteurs ont fait remarquer qu'il n'était guère possible d'ajouter une grande confiance au résultat du calcul du degré de température obtenu en divisant par la chaleur spécifique de la poudre à 0° C., la quantité de chaleur dégagée dans l'explosion. Ils donnent les chiffres ainsi déterminés, uniquement comme termes de comparaison.

Poudre pebble .	3 899° C.	Poudre C et H n° 6.	4 083° C.
— RLG . .	3 880°	— de mine . .	2 896°
— FG. . .	3 897°	— espagnole .	4 087°

Le volume des gaz permanents engendrés par 1 gramme de chacune des poudres, calculé dans l'hypothèse d'une pression de 760 milimètres, une température de 700° C., et corrigé de la quantité de vapeur d'eau existante, est sensiblement en raison inverse de la quantité de chaleur dégagée.

1 GRAMME de poudre.	QUANTITÉ de chaleur.	VOLUME des gaz.
	unités-gramme.	cent. cubes.
Espagnole.	767,3	234,2
Curtis et Harvey n° 6	764,4	241,0
FG	738,3	263,1
RLG	725,7	274,2
Pebble	721,4	278,3
De mine.	516,8	360,3

Il y a, en quelque sorte, compensation entre la diminution de chaleur et l'augmentation du volume de gaz. De sorte qu'à une densité de chargement donnée doivent correspondre, quelle que soit la poudre, une pression à peu près identique et un travail moteur constant. Ce fait se vé-

rifie bien pour les trois poudres de guerre, et un peu moins exactement pour les trois autres espèces.

Il a paru intéressant de mesurer la pression développée par la poudre de mine dans un espace restreint. On a brûlé une charge de 749 grammes, la densité de chargement étant égale à l'unité. La pression déterminée par deux expériences tout à fait concordantes était de 44 tonnes par pouce carré (6 706 atmosphères). La poudre de guerre anglaise donne, dans les mêmes conditions, 43 tonnes (6 554 atmosphères).

On est conduit à penser qu'une partie de la chaleur développée par l'explosion de la poudre de mine est rendue latente par la production d'une plus grande quantité de gaz. Cette hypothèse peut expliquer le fait, déjà signalé comme résultat d'observation, que des variations, même considérables, dans le mode de décomposition de la poudre, n'affectent pas sensiblement la tension ni le travail qu'elle peut produire.

Comparer des poudres à canon ou autres agents détonants par la mesure de la quantité de chaleur produite ne serait donc pas rationnel. A une pareille échelle, la poudre espagnole paraîtrait de 50 p. 100 supérieure à la poudre de mine, tandis que celle-ci produit en réalité plus de pression en vase clos, et plus de travail dans l'âme d'une bouche à feu.

Pour la température au moment de l'explosion, le chiffre de 2200° C., donné dans le premier mémoire, a été confirmé par de nouvelles expériences et paraît approcher de l'exactitude.

Il est presque sûr que les causes accidentelles qui modifient parfois beaucoup la décomposition de la poudre, changent aussi le degré de température; il n'est donc même pas possible de le regarder comme invariable pour une même poudre.

Les auteurs discutent ensuite les constantes de l'équation donnée dans leur premier [illegible], entre les tensions des

produits gazeux et le volume qu'ils occupent [1]; ils indiquent les valeurs de ces constantes corrigées d'après leurs expériences récentes. Puis vient une table donnant, pour une poudre de composition normale parfaitement sèche, en fonction de la densité moyenne des produits gazeux, leurs tensions dans une bouche à feu, l'espace dans lequel ils se détendent augmentant d'une manière continue. Les pressions sont exprimées en kilogrammes par centimètre carré, tonnes par pouce carré et atmosphères.

Une table (XI), dont les auteurs font remarquer la grande utilité, permet de calculer le travail théorique que peut produire une charge de poudre dans un volume quelconque v. La table donne le travail pour v croissant de 1 à 50; suivent plusieurs applications.

Si l'on veut savoir le travail moteur maximum d'une charge donnée, dans une bouche à feu où le volume primitivement occupé par la charge peut croître jusqu'à cinq fois, la densité de chargement étant 1, la table donne, par livre de poudre 91,4 pieds-tonnes, soit, par kilogramme de poudre, 62 400 kilogrammètres. Le rendement mécanique de la poudre étant connu, en multipliant par ce facteur les nombres ci-dessus, on aurait le travail utile sur le projectile, par livre ou par kilogramme de poudre. Mais il arrive rarement que l'on tire, surtout les gros canons, à une densité de chargement aussi forte que l'unité; le travail théorique total doit être diminué de celui que pourraient produire les gaz en se dilatant du volume correspondant à la densité 1 jusqu'à celui de la chambre. Dans l'exemple ci-dessus, si la densité de chargement est 0,8, la dilatation est 1,25 correspondant à 19,23 pieds-tonnes par livre ou 13127,3 kilogrammètres, qu'il faut retrancher des premiers nombres : il reste par livre 72,17 pieds-tonnes, ou par kilogramme de poudre, 49272,8 kilogrammètres.

---

[1] Voir *Revue d'artillerie*, tome VII, page 396.

Les auteurs discutent ensuite les causes qui, dans l'âme d'un canon, influent sur le travail utile de la poudre; ce travail varie beaucoup avec l'espèce de poudre; il dépend de conditions telles que la densité, les dimensions du grain, la quantité d'humidité, la composition chimique, la nature du charbon, etc. Le rendement peut aussi être bien différent pour une même poudre tirée dans des conditions différentes. Ainsi, le poids du projectile a une grande influence, surtout avec une poudre lente : plus l'obus se déplace lentement au départ, moins il est loin quand la charge est entièrement consumée, et plus le rendement est considérable.

Le même effet se produit, s'il n'est pas annulé par une autre cause, quand on augmente la charge, car le projectile a, dans ce cas, une plus grande longueur de l'âme à parcourir pour que les gaz éprouvent la même dilatation. Les pressions plus fortes qui en résultent réagissent sur la vitesse de combustion et augmentent quelque peu le rendement. En retardant par un procédé quelconque le départ du projectile, on produit de même une combustion plus parfaite et plus hâtive de la charge. L'effet est particulièrement sensible dans les petits calibres. On est parvenu à augmenter, par ce moyen seul, de 13 à 14 p. 100 le rendement dans un canon de 12^{c}.

En plaçant le projectile très en avant on a trouvé que le travail utile était supérieur aux indications des tables pour l'espace parcouru par le projectile. C'est que les produits gazeux ayant acquis une grande vitesse avant de rencontrer le projectile, lui communiquent une partie de cette vitesse par le choc.

Les principes établis, et les données des tables permettent, si l'on connaît le maximum de pression dans la chambre, de déterminer avec une certaine approximation la position du projectile dans l'âme au moment où la charge peut être considérée pratiquement comme entièrement brûlée.

Après avoir discuté les valeurs du coefficient de rendement de la poudre, les auteurs concluent en disant que, malgré la concordance des résultats obtenus dans leurs longues séries d'expériences et de calculs, concordance plus parfaite qu'ils ne l'avaient espérée en commençant, il croiraient présomptueux de supposer à l'abri de corrections ultérieures, beaucoup de leurs résultats qui se rapportent à des températures et des tensions bien en dehors des recherches ordinaires.

Malgré cela, ils ont la conviction de s'être fort approchés de la vérité sur plusieurs points longuement étudiés. Ils ont pu constater, en somme, que les lois qui régissent les tensions et les volumes des gaz, dans les circonstances ordinaires, sont encore suffisamment approchées aux hautes températures et aux hautes pressions considérées.

Ils pensent que les règles et les tables qu'ils ont établies peuvent être admises comme exactes dans la pratique, et sont applicables à presque toutes les questions de balistique intérieure.

Depuis qu'ils ont terminé leur mémoire (1), les auteurs ont fait brûler une charge de 10 livres de poudre comprimée de façon à obtenir une densité de chargement égale à 2. Les résidus solides recueillis formaient une masse très-dure du poids de 5 $\frac{3}{4}$ livres. La cassure montrait bien le défaut d'homogénéité fréquemment signalé dans d'autres expériences. A la surface, on remarquait un dépôt d'épaisseur variable, de couleur jaune pâle, composé en grande partie de petits cristaux. L'analyse d'une partie de ce dépôt, recueillie rapidement, a montré qu'il contenait une grande proportion d'hyposulfite de potasse. Ce produit a été présenté à la Société royale au moment de la lecture du mémoire.

Traduit et résumé de l'anglais par P. Dombre,
Capitaine d'artillerie.

(1) Communication du 4 juin 1879.

L'ARTILLERIE DE CAMPAGNE

PENDANT LA GUERRE DE 1877-1878

(Extrait du Journal d'artillerie russe.)

Sous ce titre, le *Journal d'artillerie russe* publie un récit du capitaine d'état-major Ch. Politowski, dans lequel l'auteur raconte exclusivement ce qu'il a fait et ce qu'il a vu. Il y peint sous des couleurs très-vives les vicissitudes de sa batterie pendant toute la durée de la campagne et ne néglige jamais, lorsqu'elle se présente, l'occasion d'en faire ressortir un enseignement pour l'avenir. Cet écrit tout entier présente un caractère essentiellement pratique.

L'auteur ne s'est pas livré à une discussion générale sur le rôle de l'artillerie, du genre de celles qu'on a vues dans les publications qui ont paru jusqu'à ce jour, mais il s'est renfermé dans les faits et gestes de sa propre batterie ou des batteries voisines de la sienne sur le champ de bataille. C'est là l'originalité de ce travail et ce qui en fait le prix, car on peut tirer un très-grand profit de l'analyse des détails. Nous retrancherons le moins possible à la narration du capitaine Politowski, et nous le laisserons parler lui-même.

« Sans entrer dans une étude approfondie des avantages et des inconvénients de notre système d'artillerie, je veux mettre le lecteur en état de se former une opinion en lui offrant un récit fidèle des faits auxquels j'ai assisté.

Tout en donnant mon propre avis, j'invoquerai volontiers le témoignage de mes compagnons d'armes et des personnes autorisées qui confirmeraient mes assertions ou qui relèveraient même des erreurs involontaires dont personne n'est exempt. J'ai fait ce travail uniquement dans le but d'être utile à l'artillerie.

Les pages que le lecteur va lire sont en grande partie extraites de mon carnet de notes; elles ont généralement été écrites pendant le combat même, ou immédiatement après, sous l'impression vivante des faits, et au moment où la mémoire encore fraîche les retrace avec fidélité.

Je décrirai rapidement la marche générale des actions auxquelles j'ai pris part à la tête d'une division, d'une batterie, d'une section, ou comme simple spectateur, et je le ferai au point de vue de l'artillerie.

Tout d'abord, je dirai quelques mots de ce qu'a fait l'artillerie le 15 juin, pendant le passage du Danube.

Notre batterie (la 4e de la 9e brigade), arriva dès l'aube à Zimnica, où elle fit halte, et je me rendis sur-le-champ au point choisi pour le passage du fleuve. Voici ce qui se passait devant moi.

Trois batteries russes de 9 livres [1] étaient établies sur la rive, près du point où l'on devait s'embarquer.

Une batterie turque se tenait sur le rivage opposé à Sistowa pendant qu'une pièce en batterie au saillant d'un petit ouvrage situé au nord de la ville, tirait à barbette, lentement, mais avec précision. Tous les projectiles tombaient dans un petit espace, mais sans nous infliger de grandes pertes (2 hommes). Aucun des pontons équipés pour le passage ne fut atteint.

Pour contre-battre les canons turcs, les trois batteries de 9 livres russes tirèrent environ 1 500 coups à obus et shrapnels, la distance variait entre 1 300 et 1 100 sagènes (2 772 à 2 346 mètres). La première batterie de la 9e brigade tira contre le même but, 80 projectiles.

Démonter une pièce tirant à barbette à 2 600 mètres est une chose si difficile, qu'il n'est pas raisonnable, à mon avis, de risquer une grande quantité de munitions pour arriver à ce but. Le hasard peut faire qu'on y réussisse rapidement, mais il ne faut jamais compter sur un coup de hasard. On peut toujours venir à bout de toucher les ser-

[1] 1re, 2e et 3e batteries de la 14e brigade.

vants, mais, à cette distance de 2 600 mètres, il faudrait alors se servir de la fusée fusante à double étage.

Cependant, comme il s'agissait de détourner l'attention de l'ennemi des troupes qui opéraient le passage du fleuve, peu importait le nombre des projectiles dépensés.

Je laisse au lecteur le soin de juger si, dans cette affaire, l'insuffisance des résultats doit être attribuée à nos artilleurs ou à nos pièces. Ce qui est certain, c'est que la vue des faits imposa aux hommes étrangers à l'artillerie, cette conviction que nos pièces de 9 livres étaient insuffissantes. Quatre batteries n'avaient pas pu mettre une pièce ennemie hors de combat! Ces reproches furent faits par des militaires, et même par des artilleurs.

En même temps, la supériorité éclatante du tir des canons turcs était rendue évidente par les dommages infligés à nos pièces, dans lesquelles, cependant, nous avions placé toute notre confiance et qui l'avaient toujours justifiée tant qu'on les avait mises entre les mains d'hommes sachant tirer parti de leurs qualités.

Deux batteries de la 9e brigade (1) avaient pris position sur la gauche, dans l'île Adda et furent d'un grand secours pour les troupes qui passaient le fleuve. L'une de ces batteries couvrit de shrapnels la rive opposée, refoula l'infanterie ennemie, et facilita l'attaque du régiment Wolinski. L'autre était exclusivement occupée à détourner sur elle le feu des batteries ennemies pour les empêcher de tirer sur les troupes qui effectuaient le passage; elle atteignit pleinement son but.

D'après le capitaine d'état-major Tischinski et le lieutenant Zelkowitsch de la deuxième batterie, le feu de l'artillerie ennemie ne nous coûta qu'un homme (un chirurgien appartenant à un régiment d'infanterie et qui était venu là pour voir ce qui se passait). Environ 25 p. 100 des projectiles ennemis n'éclatèrent point, parce qu'ils tombaient dans le fleuve ou sur les terres molles du rivage.

(1) Les 2e et 3e batteries.

Je passe maintenant au rôle de l'artillerie dans le combat de Jeni-Saara.

Un détachement composé de 5 bataillons d'infanterie (1), 2 batteries (2) et un demi-escadron de cosaques, sortit de Chanjkioi le 17 juillet 1877 à midi, sous le commandement du général-major Borejschi. Après une marche de 34 kilomètres, il traversa Locha, passa les petits Balkans le 18, et descendit dans le Rosenthal, au nord de Jeni-Saara. On pensait y rencontrer l'ennemi, et l'on se disposa pour un combat d'artillerie, en attendant deux détachements, formés de 4 bataillons de chasseurs et de cavalerie, qui étaient encore en arrière. Les chasseurs, commandés par le général Gourko, devaient attaquer l'ennemi par le nord-ouest; la cavalerie, sous les ordres du duc de Leuchtemberg, devait le prendre par le nord.

Il est 8 heures du matin, le temps est clair et calme. Un brouillard bleuâtre s'étend sur la ville ; avec la lunette, on peut à peine distinguer les maisons.

La colonne, en ordre de combat, s'avance jusqu'à 5 kilomètres des murs ; les deux batteries laissent derrière elles une réserve sous le commandement d'un officier et prennent position. Les troupes continuent à marcher vers la place, où rien ne donnait signe de vie; tout dormait ou bien l'ennemi n'était pas là.

La ville est située dans une vallée; les abords, en avant des batteries, sont plats ; le sol est mou et la campagne n'est pas cultivée.

On pensait que l'ennemi devait occuper la gare qu'on pouvait voir au delà de la ville.

Les batteries, après s'être portées en avant de 1 kilomètre environ, lancèrent un obus avec la hausse de 3200 mètres ; comme on pouvait le prévoir, le coup fut de beaucoup trop court.

L'ennemi ne nous attendait pas et n'avait pas remarqué

(1) Régiments Sjevski et Elencki.
(2) 4e et 6e de la 9e brigade.

notre marche en avant; la chaîne de nos tirailleurs était déployée, et tout était prêt pour une rencontre. Notre artillerie eût mieux fait de s'avancer à une distance plus faible.

Les pièces furent remises sur avant-train et reprirent leur marche en avant; on vit alors un certain mouvement dans la ville. Les batteries accélérèrent l'allure et ne s'arrêtèrent qu'à la vue d'une colonne de fumée produite tout à coup par une pièce ennemie. Le projectile passa par-dessus notre tête et alla tomber à hauteur de la 2e section de munitions.

De sa nouvelle position, la batterie ouvrit le feu avec la hausse de 3 200 mètres dans la direction du nuage de fumée. Le coup, trop long, porta sur une maison située derrière la pièce ennemie, et y alluma un incendie. L'ennemi tira encore 5 coups, suspendit le feu et quitta la ville sans qu'on pût le voir. Nos batteries en profitèrent pour se rapprocher encore de la place.

On put voir bientôt une vingtaine de cavaliers vers l'est de la ville, et des nuages de fumée montrèrent qu'une batterie de 4 pièces turques était venue s'établir à cet endroit.

Les premiers obus de l'ennemi furent dirigés sur notre réserve et sur notre infanterie massée. Dès le troisième coup, un projectile tomba dans un bataillon du régiment Elencki, blessant le major et quelques soldats. Les autres projectiles étaient adressés à nos batteries et particulièrement à la 2e division, qui dirigeait son feu sur l'ennemi. Il était visible que les Turcs pointaient aussi sur le nuage de fumée produit par nos pièces.

Le groupement de leurs coups était excellent; mais tous les projectiles tombèrent en dehors de la 2e division, sauf un qui tomba entre les 3e et 4e pièces, et un autre qui éclata en avant et blessa un conducteur. Les autres passèrent par-dessus nos têtes sans causer de dommage.

L'effet de nos projectiles n'était guère satisfaisant. Cependant, l'on ne pouvait guère attribuer ce fait au trouble

des servants, car ces derniers se montraient pleins de courage pour une première affaire. Ils manœuvraient bien, tranquillement, de sang-froid, comme au polygone (sauf quelques exceptions, car il est impossible que tous les hommes gardent également leur présence d'esprit lorsqu'ils voient le feu pour la première fois).

Le peu de résultats que nous obtenions était dû au choix même de la position. De hautes herbes et, par endroits, des cultures sur pied rendaient difficile l'observation de nos coups qui passèrent, après la première salve, par-dessus la batterie ennemie. Cette dernière était postée dans un fond et se détachait à peine sur l'horizon. Aux abords de cette batterie, aucun objet qui pût nous faire apprécier la distance d'éclatement de nos projectiles. De plus, les Turcs se trouvaient en dehors de la portée efficace des shrapnels. Tous nos obus ont éclaté, mais on ne saurait affirmer avec vraisemblance qu'ils aient fait quelque mal à l'ennemi.

Sur ces entrefaites, les chasseurs déployés s'avançaient vers la droite de la ville d'où les Turcs dirigeaient un feu assez vif. La 6e batterie, placée à la gauche de la 4e, ai lait à ce mouvement en tirant sur la place et sur l'enceinte.

Les chasseurs de l'aile gauche, sous les ordres du lieutenant-colonel Skugarevski, prirent en flanc la batterie turque, qui fut obligée d'amener ses avant-trains.

Alors nos batteries se portèrent en avant, la 4e à 300 mètres et la 6e à 600 mètres environ, pour se mettre à peu près à hauteur de la 4e. Pendant ce temps, les chasseurs pénétraient dans la place, d'où ils finirent par expulser les Turcs.

A midi, ils firent savoir à l'artillerie que les Turcs s'étaient massés près de la gare, derrière le quartier sud de la ville ; mais la 4e batterie avait déjà quitté sa position et s'avançait au grand trot en faisant une demi-conversion à gauche. Après avoir parcouru 850 mètres, elle s'arrêta en un point d'où elle pouvait surveiller la gare, ses dépen-

dances et même les positions des Turcs, qu'elle prit immédiatement comme but et ouvrit le feu. La distance était comprise entre 1 150 et 1 250 mètres.

Là, notre tir fut bien meilleur que précédemment, car aucun obstacle ne s'opposait à l'observation des coups et de la hauteur d'éclatement des shrapnels. Au bout du troisième coup, on vit un nuage de fumée s'échapper de la gare ; il est probable que le feu avait pris à une pile de traverses et s'était communiqué à des tas de charbon. L'ennemi se réfugia rapidement derrière les wagons, et bientôt nous vîmes l'infanterie, abritée par le remblai de la voie, ouvrir le feu.

Une centaine de balles reçues dans la batterie, nous décidèrent à tirer, contre les wagons, des shrapnels dont l'effet fut très-satisfaisant. Le passage du tir à obus au tir à shrapnels se fit sans donner lieu à aucun retard, et pas un des servants chargés du réglage des fusées ne se trompa.

A la vérité, les officiers y avaient fait grande attention ; à chaque coup la pièce était pointée dès qu'elle était remise en batterie sans attendre la charge, et, de cette façon, le servant qui réglait la fusée n'avait plus que cette opération à faire au moment où le projectile lui arrivait. Il pouvait donc exécuter posément ce réglage sans crainte de retarder le tir. Ce procédé n'est pas réglementaire ; néanmoins, il est avantageux, car il a toujours bien réussi, et l'on n'a jamais eu besoin de revenir sur le pointage une fois la charge introduite dans le canon. Nous nous efforcions d'obtenir un intervalle d'éclatement aussi petit que possible. L'effet des shrapnels fut si prompt, qu'à la troisième salve nous n'entendions presque plus les balles siffler dans la batterie.

Pendant ce temps, l'incendie de la gare prenait des proportions considérables et dévorait tous les bâtiments voisins.

L'ennemi essaya de faire sortir une batterie par la droite de la gare, mais cette tentative lui coûta 2 pièces, d

notre 6e batterie tua tous les attelages et une partie des servants.

Ce fait nous donna la conviction qu'on ne pouvait rester sous le feu d'une batterie habituée à tirer les shrapnels, et ce premier début, sur le théâtre de la guerre, eut une influence très-favorable sur les engagements auxquels nous prîmes part dans la suite. Bien que nous fussions à bonne portée de l'infanterie (1), elle ne nous causa littéralement aucun dommage, et ce qui nous fut le plus avantageux, c'est qu'elle ne sut pas profiter du moment où notre batterie prenait position.

L'effet de nos projectiles avait produit sur nos canonniers une remarquable impression et il était facile de voir, à la gaîté de leur figure, qu'ils avaient acquis une entière confiance dans leurs pièces.

On placa près de chaque canon un shrapnel tout prêt pour le cas où l'on en aurait besoin, et l'on continua à tirer à obus sur les wagons, dans lesquels nous pensions que les Turcs avaient embarqué du matériel. D'ailleurs, il était avantageux d'incendier ces wagons parce qu'ils formaient obtacle à nos vues en même temps qu'ils servaient de rempart à l'ennemi.

A quelques mètres en arrière, les Turcs avaient élevé un petit ouvrage de fortification passagère dont nous ne soupçonnions pas l'existence, car il était masqué par les wagons sur lesquels nous tirions. Cet ouvrage, bien qu'il ne fût pas complétement terminé, offrait un profil assez fort pour donner place à 2 étages de feu d'infanterie. Quand il fut découvert et que nous pûmes le voir, nous nous aperçûmes que tous nos projectiles qui avaient traversé les wagons, avaient éclaté à hauteur de l'ouvrage même en y causant beaucoup de dégâts.

A la deuxième salve, notre batterie dut cesser le feu parce que l'incendie, d'un côté, et le feu de nos pièces, de

(1) La portée des fusils Peabody est de 1 280 mètres.

l'autre, produisaient un nuage épais qui nous empêchait de voir ce qui se passait du côté de la gare.

En avant et sur la droite, on entendait une vive fusillade qui n'était interrompue que par quelques salves. Les pièces de l'aile gauche s'avançaient de plus en plus vers la voie.....

Il n'y a pas de moment plus pénible pour les artilleurs que celui où l'on entend crier tout à coup au milieu de l'action : « Je crois que nous tirons sur nos troupes. »

Ces seuls mots paralysent immédiatement l'énergie des hommes et détruisent l'impression favorable qu'avait produite un bon tir. Gagné par un sentiment d'indignation contre celui qui a prononcé ces paroles, l'officier réagit aussitôt et cherche à rétablir le calme dans les esprits ; cependant, il n'y parvient pas toujours immédiatement, et plusieurs fois nous fûmes obligés d'interrompre le tir dans des circonstances semblables.

On ne saurait trop faire d'efforts et donner trop d'attention aux différentes phases de combat pour éviter des contre-temps aussi terribles. Maintes fois, quand tout marche à souhait, on entend ces paroles malheureuses : « Je crois... » L'embarras qui en résulte est si grand qu'il peut faire manquer les occasions les plus favorables et amener des suites funestes. C'est ce qui eût pu nous arriver dans le cas actuel.

Il eût été très-utile que la chaîne des tirailleurs fût en relation avec les batteries pour leur dire où tombaient les projectiles. L'observation des points de chute et des effets produits est indispensable soit pour régler le tir, soit pour diriger les coups sur tel ou tel point où l'effet serait plus considérable, soit enfin, ce qui est capital, pour éviter les méprises du genre de celle dont nous venons de parler, qui agissent d'une manière si fâcheuse sur l'esprit des troupes postées en avant, aussi bien que sur la batterie elle-même.

Par bonheur, nous nous trompions en croyant que nous

avions tiré sur nos troupes. Un adjudant vint vers nous et fit cesser nos doutes en nous montrant où l'ennemi venait de s'établir, et nous pria d'appuyer l'attaque de l'infanterie qui voulait se jeter sur l'ouvrage des Turcs.

Nous savions maintenant ce qui se passait; nous tirâmes alors une salve d'obus sur les wagons et une salve de shrapnels un peu plus loin, en pointant dans les intervalles des voitures. A la deuxième salve, nous entendîmes un gigantesque « Hurrah » de la 4e compagnie du régiment Sjewski, bientôt suivi d'un autre poussé par le 1er bataillon tout entier, et nous vîmes l'instant d'après notre infanterie se précipiter la baïonnette en avant vers les wagons.

La batterie cessa le feu, se reforma et se porta en avant, au grand trot, à travers champs. Nous avions plusieurs fossés à franchir; le quatrième étant rempli d'eau, on y avait jeté un pont de fascines, mais le caisson de la 3e pièce l'enfonça et y resta embourbé, arrêtant ainsi les 5 pièces qui étaient derrière lui. Je laissai le commandement de tout ce qui restait en arrière au capitaine Tischinski, je me portai au galop avec les trois premières pièces vers le remblai de la voie ferrée et j'ouvris immédiatement le feu avec un shrapnel sur les fuyards ennemis.

On peut trouver étrange que je me sois servi de ce projectile et non pas d'un obus ordinaire. J'aurais bien voulu faire autrement, mais j'eus la main forcée parce que la première pièce contenait encore un shrapnel qu'elle n'avait pu tirer à la mise en batterie précédente. Il est bien difficile, après un long tir, d'extraire de la chambre un projectile qu'on y a refoulé.

Je ne fus pas peu surpris en voyant que le percuteur de la fusée n'avait pas brisé la goupille de sûreté en recevant des chocs aussi violents que ceux qu'avait produits le passage des fossés. J'ai acquis par la suite, la conviction que ces chocs n'étaient pas aussi dangereux que je l'avais

cru d'abord. Ainsi, après le combat de Dzuranli, que je raconterai plus loin, nous avons franchi les petits Balkans à la passe redoutable de Dalboka avec des pièces chargées à shrapnels, sans que les goupilles aient été brisées.

La 2e pièce et la 3e tirèrent immédiatement des obus ordinaires (1).

Pendant que l'infanterie donnait l'assaut, les bataillons de chasseurs attaquaient l'aile gauche des Turcs et un peloton de cavalerie achevait de culbuter les ennemis qui ne cherchaient plus leur salut que dans une fuite désordonnée.

Ainsi se termina cette première affaire qui impressionna très-favorablement l'artillerie ainsi que toutes les autres troupes du détachement. Je le répète, l'effet produit fut singulièrement heureux, étant donnés des hommes qui n'avaient jamais été au feu.

Je placerai ici quelques observations sur la jumelle qui est mise entre les mains des officiers d'artillerie de campagne.

D'après les règlements sur l'organisation de l'artillerie de campagne il revient une jumelle à chaque section, celles de Madnej et Cie ne sont pas mauvaises, mais nous ne pouvons pas les démonter et les remonter à notre gré, ce qui serait indispensable.

Il est certain, en effet, qu'elles subissent par l'usage, des altérations qui finissent par en rendre l'emploi impraticable. Exemple : l'objectif est rendu achromatique par la superposition de 2 lentilles qu'on rend solidaires au moyen d'une mince couche de colle de poisson. Par suite de l'humidité, la colle glisse, s'altère et produit des taches jaunes qui troublent les images. Souvent, ces images sont doubles dans la jumelle, lorsque les axes optiques ont été déviés de leur position régulière à la suite d'un choc, d'une compression ou même à cause d'un maniement un

(1) Aurait-on dû ouvrir le feu avec la 1re pièce? (*Note du traducteur allemand.*)

peu brusque. Il serait désirable aussi que le diamètre de l'oculaire fût un peu augmenté.

On aurait encore absolument besoin, dans chaque batterie, d'une lunette à fort grossissement, établie sur un pied léger et commode qu'on pourrait transporter sur le marchepied d'un caisson ou sur une autre voiture. J'espère que bientôt ce progrès sera réalisé et que nous n'aurons plus à nous plaindre de la faible puissance des instruments d'optique qui sont mis entre nos mains (1).

Le combat de Jeni-Saara, qui avait commencé à 8 heures et demie du matin, était terminé à 2 heures de l'après-midi par une entière défaite des Turcs.

Les batteries s'étaient placées près du ruisseau. La ville, l'ouvrage fortifié, la gare, les wagons se trouvaient à 900 ou 1 000 mètres en arrière. On donna quelque repos aux troupes.

Pendant ce temps, on nous fit savoir que le détachement devait se porter en avant et aurait à parcourir deux lieues environ dans la direction de Karabunar, où l'ennemi concentrait des forces importantes. Ces forces devaient arrêter le corps du duc de Leuchtemberg ; nous nous attendions, par conséquent, à rencontrer un ennemi supérieur en nombre le jour même ou le lendemain.

Dans cette prévision, les pièces, dont quelques-unes étaient légèrement emplombées, furent lavées et nettoyées avec soin; on compta et on vérifia les munitions. Il résulta de cette visite que, dans le combat précédent, notre batterie avait consommé, par pièce, 10 obus ordinaires et 20 shrapnels, soit en tout 240 projectiles.

Quand on est arrivé à un bon tir, on fait généralement un feu rapide, et si l'on voit qu'il donne de bons résultats, on est involontairement porté à tirer trop vite. Cette précipitation est blâmable, quoiqu'elle soit difficile à éviter tout d'abord. Le temps et l'expérience apprennent seuls à ménager les munitions. Comme nous étions complétement

(1) Aujourd'hui, l'artillerie de campagne russe est pourvue de lunettes de batterie.

isolés, l'économie fut bientôt une nécessité pour nous, car nous ne savions pas où et quand nous pourrions nous ravitailler.

Le rapport du nombre des obus à celui des shrapnels consommés était de $^1/_2$. Mon avis, que les affaires ultérieures ont confirmé, est que dans l'approvisionnement en munitions des batteries de l'artillerie de campagne, la proportion entre ces deux sortes de projectiles devrait être égale à ce rapport, surtout depuis l'adoption des shrapnels à diaphragme et des fusées fusantes à longue durée.

Pendant que la batterie se reposait, je me mis en route, malgré ma fatigue, pour visiter le champ de bataille, non par simple curiosité, mais pour examiner l'effet de nos projectiles.

La gare finissait de brûler. Cent mille cartouches avaient été tirées dans l'espace d'une heure, comme si toute une brigade de mitrailleuses avait fait feu. Les wagons avaient été tellement criblés de projectiles qu'ils ne montraient plus que la carcasse ; quelques-uns, plus rapprochés de la gare étaient brûlés. Si l'on en juge par les crépitements continuels et les fortes détonations que nous avions entendus, on devait y avoir renfermé d'importantes réserves de munitions.

Je ne chercherai pas à peindre l'effet que fit sur moi la vue des morts et des blessés ; cette première impression sera toujours présente à ma mémoire. Le plus grand nombre de ceux qui avaient été tués ou blessés par notre artillerie se trouvaient derrière les wagons et dans l'ouvrage fortifié. On pouvait aisément les reconnaître à ce qu'ils avaient un membre emporté ou les entrailles labourées, ou quelque autre blessure terrible. Sur la dernière position des Turcs, restaient quelques chevaux morts, un buffle et un âne.

Entre les wagons et l'ouvrage, je trouvai un morceau de rail d'environ 1 pied de long. La cassure était vieille et je ne pense pas qu'un obus de 4 livres ait pu [illegible]

un tel morceau. Les soldats d'infanterie, encore tout troublés, croyaient néanmoins la chose certaine. J'avoue que je ne cherchai point à les en dissuader.

Il est toujours bon et souvent fort utile, de connaître l'opinion simple et parfois très-judicieuse du soldat sur la conduite des troupes qui ont été engagées dans une affaire et sur les ordres de leur chef. Plus tard, le récit des différents épisodes de la campagne prend le caractère de la légende, mais sur le moment même, quand l'impression est encore vivante et que les sentiments sont encore exaltés, ces récits prennent un entrain et, qui plus est, une véracité remarquables. Pendant que je marchais le long des wagons, je ne pus réprimer un sourire en entendant faire la louange de l'artillerie par les soldats d'infanterie qui étaient devant moi et qui parlaient entre eux sans se douter de ma présence.

Jusqu'au combat de Jeni-Saara, l'artillerie avait été pour l'infanterie un véritable fardeau. Chacun de nous le sentait bien, et il nous était pénible de voir cette infanterie harassée, marchant avec peine, venir encore en aide aux chevaux qui traînaient nos pièces et les remplacer quelquefois quand cela devenait nécessaire. Mais que faire? Il n'y avait qu'à tirer, chaque soldat le sentait et faisait des efforts surhumains, comptant sur l'appui que l'artillerie pourrait lui donner plus tard. Aujourd'hui, cette prévision s'est réalisée et les espérances de l'infanterie n'ont pas été déçues.

(*Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Genie-Wesens.*)

Traduit par J. WALTER,
Capitaine d'artillerie.

(*A suivre.*)

LES EXERCICES DE TIR

DANS LES

BATTERIES DE COTE

EN HOLLANDE

(Extrait de la *Revue belge* d'art, de science et de technologie militaires).

Dans la batterie du *Kaaphoofd* à Nieuw-diep, les Hollandais ont installé un système de postes d'observation et de signaux fournissant à chaque instant les données nécessaires au pointage contre les navires ennemis qui tenteraient de franchir la passe reliant la mer du Nord au Zuyderzée et comprise entre le Helder et l'île de Texel, à la pointe nord de la Hollande septentrionale.

La méthode employée consiste à observer simultanément le navire en marche de deux postes distants de 800 mètres; les angles formés par les lignes de mire avec la base d'observation, mesurés exactement, sont reportés sur une planchette représentant, à une échelle réduite, la côte et tout l'espace maritime qu'elle découvre. Le point d'intersection des deux côtés mobiles du triangle donne exactement la position du navire en marche au moment de l'observation.

Plusieurs fois par semaine le personnel des batteries de Nieuw-diep est exercé, d'après cette méthode, à un tir réel sur une cible mobile remorquée en mer par un petit vapeur.

Il est à remarquer que, pour que le pointage des bouches à feu soit plus rapide, l'artiller[illegible]e se sert de la hausse et du guidon qu[illegible]tion et la dérive; l'inclinaison [illegible] la pièce,

non au moyen du quart de cercle, mais à l'aide d'une réglette métallique à quatre faces se mouvant dans une rainure munie d'un index, fixée au côté intérieur du flasque gauche de l'affût. Trois des faces de la réglette sont subdivisées, et chacune d'elles correspond à un état différent de la marée (moyenne, haute ou basse); en employant l'une ou l'autre face, on corrige le pointage en hauteur selon l'inclinaison du plan de site.

Sur la culasse de chaque pièce est peint un petit tableau indiquant, pour une série de distances et un certain nombre de vitesses moyennes des navires, les quantités dont il faut diminuer ou augmenter la dérive des tables de tir, selon que le navire se déplace vers la droite où vers la gauche, pour tenir compte dans le pointage de la durée du trajet du projectile.

Aussitôt le pointage exécuté, le pointeur saute à terre et commande le feu.

Voici, d'après l'instruction hollandaise traduite par la *Revue belge,* les diverses phases de la méthode de détermination des distances des navires en mouvement, au moyen du *télémètre à planchette.* Cette instruction renferme des détails pratiques dont une longue expérience a fait reconnaître l'importance.

I. — A chaque batterie sont attachées trois stations : deux, situées aux extrémités de la base, portent le nom de *station* et de *station principale* et sont désignées par les lettres S et SP [1]; la troisième est la station de batterie et est désignée par les lettres SB.

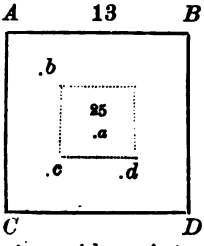
Quelquefois deux batteries ont la même base, mais ont chacune leur station de batterie; quelquefois aussi une batterie a deux bases ayant une station principale commune, et chaque partie de la batterie possède une station de batterie correspondant à la base qui lui appartient. Chacune des deux stations de base est munie d'un limbe divisé en degrés et dixièmes de degré correspondant, par

[1] En hollandais SH, du mot *hoofd* qui signifie chef.

conséquent, chacun à 6 minutes; la transcription se fait ainsi : 128.7 et l'on énonce et transmet *cent vingt huit-point sept;* 50.0, *cinquante point zéro.*

La station principale possède de plus une table-planchette portant une carte à l'échelle de $\frac{1}{6000}$, sur laquelle les deux stations de base sont représentées par des tiges servant de pivots à une réglette peinte en blanc pour la station principale, en rouge pour l'autre station. Cette carte est divisée en grands carrés de 600 mètres de côté, subdivisés eux-mêmes en petits carrés de 60 mètres; les premiers sont numérotés en rouge, les seconds en noir.

Pour indiquer avec plus de précision encore, dans l'énonciation et la transcription, le point où les deux réglettes viennent se couper sur la carte, celle-ci est marquée aux deux angles supérieurs des lettres A, B, aux deux angles inférieurs des lettres C, D. Si le point d'intersection se trouve en *a* dans un carré idéal d'une surface égale au $\frac{1}{4}$ de celle du petit carré 25 appartenant au grand carré 13, on écrira 13 25 et on énoncera *treize vingt-cinq;* si le point est en *b* ou en *c*, on lira 13 25 A, 13 25 C; s'il est en *d*, on lira 13 25 CD.



De cette façon la position du point pourra être évaluée à 20 mètres près. Veut-on signaler le petit carré 5 dans le grand carré 8, on écrira 8 0 5 et on lira *huit zéro cinq.*

Lors des observations, il est important que les alidades des deux stations soient dirigées sur la même partie du but : le même mât d'un navire ou la même cheminée d'un vapeur, ou bien, si le but n'a ni cheminée ni mât, sur une ligne idéale passant par son centre. Il est non moins important que les observations, soient simultanées.

Pour remplir ces conditions, il est admis d'une manière générale que l'on pointera toujours sur le mât de deva qu'il s'agisse d'un vapeur ou d'un navire à voile, sı première cheminée si le vapeur n'a pas de mât, et q

pointage se fera sur la partie inférieure de l'objet. Toutes les 20 secondes, c'est-à-dire trois fois par minute, à un signal donné par une sonnerie mise en mouvement par l'interruption d'un courant électrique en communication avec l'horloge placée dans la station principale et relié par un fil à l'autre station, chaque pointeur fait une observation, et celle de la station S est immédiatement communiquée à la station principale SP.

Outre le *fil de sonnerie,* les trois stations sont encore reliées par deux autres fils : l'un dit *fil de correspondance* destiné à la transmission des avis ordinaires; l'autre dit *fil numérique,* destiné à la transmission des nombres. Tous trois sont souterrains. En cas de dérangement de l'un des deux derniers fils, l'autre peut le suppléer. Chaque station est munie d'un appareil de réception et de transmission avec pile électrique. L'alphabet Morse est employé pour la correspondance ordinaire. Pour les chiffres, on fait usage de l'écriture sommaire que voici :

. 1 .. 2 ... 3 .... 4 5

— 6 — — 7 — — — 8 — — — — 9 — — — — — 10

Le point et les lettres A, B, C, D, qui figurent aussi dans les correspondances numériques, sont transmis par les signaux de l'alphabet Morse, et ces correspondances sont toujours précédées et suivies des signaux : *appelé, fini, compris.* Après quelques exercices, les télégraphistes doivent pouvoir comprendre les avis numériques à la seule audition.

Pour les avis généraux, on appelle, mais on n'attend pas l'invitation à correspondre; il n'en est pas de même si une des stations d'observation expédie un avis à la station de batterie.

La *station* est appelée par trois fois S ... ...

La *station principale* par trois fois P · — — · · — — · · — — ·

La *station de batterie* par trois fois B — ··· — ··· — ···

On fait suivre ces appels de — · — · — ·

Outre la sonnerie de signal et le matériel télégraphique que nous venons d'indiquer, la station de batterie renferme encore :

1° La planchette de batterie avec le vélocimètre ;

2° Les planchettes-copies ;

3° Les leviers de manœuvre du numéro des pièces ;

4° Les leviers de manœuvre des chiffres des mille, des centaines et des dizaines ;

5° Les leviers de manœuvre des nœuds de vitesse ;

6° Les leviers de manœuvre des lettres de signal.

La planchette de batterie est entièrement semblable à la table-planchette ; les petits carrés ne sont marqués que suivant deux bords perpendiculaires du grand carré, afin de ne pas nuire à la netteté des autres lignes de la carte, qui consistent en arcs de cercle tracés du milieu de la ligne de feu des batteries comme centre et distants entre eux de 25 mètres. Du même point on a également tracé des rayons indiquant les limites du champ de tir de chaque bouche à feu ; de cette façon on sait de suite, par l'inspection de la carte, quelles sont les pièces dont le feu peut être dirigé sur le navire signalé.

Les planchettes-copies sont à une échelle moiti moindre, soit 1 millimètre pour 10 mètres. Elles sont imprimées et placées par 10 les unes au-dessus des autres. Chaque observation signalée y est marquée d'un point, et les points marqués sont reliés par un fort trait de crayon, qui constitue le lieu de la marche du navire.

Aussitôt la réception, à la station de batterie, des numéros du carré résultant de la première observation dans les deux stations de base, on sait immédiatement, à l'aide des planchettes, à quelle distance se trouve le navire et quelles sont les bouches à feu qui ont vue sur lui ; la suite des observations apprend si le navire maintient sa marche et quelle est sa vitesse. On connaît cette dernière, en mesurant sur la carte le lieu de marche après neuf observations, à l'aide du *vélocimètre,* petite réglette sur laquelle sont

marquées les vitesses en milles correspondant à une durée de 3 minutes.

La station de batterie communique aussitôt au personnel de la batterie : par des chiffres *rouges*, le numéro de la pièce qui aura la première le navire dans son champ de tir; par des chiffres *noirs*, la distance du navire; par des chiffres *blancs*, sa vitesse.

D'autres signaux encore, composés d'une lettre, indiquent : si le navire marche franchement (M)(1); s'il est arrêté (S); s'il a échoué (E) (2); si un autre navire va être observé (A); enfin (R) repos, si le tir doit être suspendu.

Les commandants de batterie peuvent se renseigner directement sur l'emplacement et la marche du navire en demandant à la station de batterie la planchette-copie; dans ce cas, l'indication de la marche du navire continue à être tracée sur une seconde planchette-copie.

II. — Les observations doivent unir, à un haut degré, la *rapidité* à la *précision*, si l'on veut obtenir des résultats satisfaisants. Comme, dans la lutte réelle, il peut être nécessaire de faire observer successivement plusieurs navires de l'escadre ennemie, il faut encore que tout le personnel des stations et de la batterie soit particulièrement actif et attentif, pour qu'on n'ait à redouter aucune fausse manœuvre. Il devra donc être exercé fréquemment, afin d'être rompu à tous les détails d'exécution, et assez nombreux, pour que la division du travail et la simultanéité d'action fournissent la précision et la rapidité désirables.

Le personnel nécessaire dans les diverses stations comprend :

Station S. Un chef de poste chargé des observations; un télégraphiste au fil de correspondance, et un autre au fil numérique, ce dernier chargé uniquement de signaler à la station principale la graduation du limbe donnée par l'alidade.

(1) K *koers* (marche) en hollandais.
(2) G *grond* (terre) en hollandais.

Station principale SP. Un chef de poste chargé des observations ; un télégraphiste au fil de correspondance, chargé aussi du réglage de l'horloge et des sonneries de signaux ; un autre télégraphiste au fil numérique recevant la graduation de S et signalant à la station de batterie les numéros des carrés ; trois aides maniant l'un la réglette rouge, le second la réglette blanche de la table-planchette, le troisième marquant, à l'aide d'une épingle, le point de rencontre des réglettes et annonçant les numéros des carrés.

Station de batterie SB. Un chef de poste chargé des inscriptions sur la planchette de batterie ; un télégraphiste au fil de correspondance, remplaçant au besoin le chef de poste; un télégraphiste au fil numérique recevant de SP les numéros des carrés et les énonçant; quatre aides : le premier maniant les leviers de manœuvre des numéros des pièces et faisant les inscriptions sur la planchette-copie ; le second les leviers de manœuvre des lettres de signaux, des chiffres des vitesses et des milles de distance; le troisième les leviers des chiffres des centaines ; le quatrième les leviers des chiffres des dizaines des distances. Les chiffres des unités sont omis : au-dessous de 5, on admet la dizaine inférieure, au-dessus la dizaine supérieure.

Chacun étant à son poste et les divers instruments étant réglés et prêts à être employés, le capitaine, commandant la batterie, voulant faire observer un navire, l'indique en termes nautiques au chef de poste de la station de batterie qui les transmet télégraphiquement à S et SP, exemple : *Bélier avec trois cheminées et mâture basse.* Si ce signalement suffit, les chefs de poste télégraphient : *clair;* sinon, ils demandent des éclaircissements par le fil de correspondance.

Lorsqu'il n'y a plus d'hésitation, les observations commencent et se succèdent de 20 secondes en 20 secondes ; l'observateur de chaque station lit distinctement à haute voix le degré du limbe donné par l'alidade chaque fois que se fait entendre la sonnerie de signal, et chacun des autres

employés transmet ou énonce à haute voix les chiffres et les lettres résultant des observations.

Dans la station de batterie, le télégraphiste du fil numérique énonce également à haute voix, aussitôt qu'il le reçoit, le numéro du carré, qui est immédiatement pointé sur la planchette de batterie et la planchette-copie ; la distance est alors énoncée, en même temps que le numéro des pièces qui ont le navire dans leur champ de tir. Les leviers sont aussitôt mis en mouvement. Supposons que le navire se trouve à 3 470 mètres dans le champ des quatres premières pièces, on verra se marquer : en noir, les chiffres 347, et en rouge, le chiffre 5. Si, dans la suite, le navire en marche entre dans le champ de tir de la cinquième pièce, le chiffre 5 s'abaisse et le chiffre 6 apparaît.

Le chef de poste de la station de batterie contrôle avec soin les manœuvres qui s'y exécutent. Quand, après quelques observations, il a pu mesurer, à l'aide du vélocimètre, la vitesse du navire et s'assurer que son personnel procède avec calme, il se rend près du commandant de batterie pour recevoir ses instructions.

Aussitôt que celui-ci veut faire observer un autre navire, il le fait connaître au chef de poste, qui fait immédiatement télégraphier *halte,* puis le nouveau signalement. La planchette-copie est déchirée, les numéros des distances, des pièces et des vitesses sont abattus, la lettre A est élevée. Les signaux donnés de 20 secondes en 20 secondes seuls continuent à se faire entendre ; les observations recommencent comme plus haut, à la première sonnerie qui suit l'avis : *clair* télégraphié par les deux observateurs.

Si les observations doivent être suspendues, on télégraphie de la station de batterie : *halte, repos,* et l'horloge est arrêtée ; quand elles doivent recommencer, le signalement des navires, comme plus haut, est précédé du signal : *préparez-vous à observer*. Quand les observations doivent cesser, on télégraphie : *halte, déséquiper*. En déséquipant, on démonte les appareils télégraphiques afin qu'ils ne soient pas menacés par la foudre en cas d'orage.

LES

CANONS DE 100 TONNES

ET DE 80 TONNES

Les journaux anglais *Engineering* et *The Engineer* contiennent des détails fort intéressants sur les canons de 100 tonnes et de 80 tonnes ; aussi pensons-nous utile de reproduire ces articles *in extenso,* malgré quelques légères répétitions, car ils dénotent l'attention que porte l'Angleterre aux derniers progrès de l'artillerie Krupp, et les efforts qu'elle fait pour rivaliser avec le constructeur allemand.

CANONS DE 100 TONNES SE CHARGEANT PAR LA CULASSE.

(PL. V.)

Sir W. Armstrong vient d'être invité par le gouvernement italien à commencer la fabrication de quatre canons de 100 tonnes qui diffèrent par le mode de chargement de ceux que l'usine Armstrong avait déjà fournis à l'Italie. Ce seront les plus gros canons se chargeant par la culasse qu'on ait construits jusqu'ici. Le gouvernement italien a cru devoir tenir secrets les détails particuliers de la construction des organes de l'affût et de ses accessoires, mais les dessins de la planche peuvent donner, néanmoins, une idée suffisante du projet adopté qui est dû à M. G. W. Rendel.

On remarquera, tout d'abord, que la masse énorme de la vis-culasse a rendu nécessaire l'emploi de moteurs hydrauliques. Cette vis, à filets interrompus d'après le système français, est supportée, quand elle est hors de la pièce, par un petit chariot que la pressi[illegible] mouvoir. Un même appareil permet de c[illegible]t par la culasse, soit par la bouche, si o[illegible]

Voici le dispositif adopté dans le cas du chargement par la culasse (pl. V); lorsqu'on a fait tourner la vis de culasse I, à l'aide de son levier, un appendice Q qui fait saillie sur la tranche postérieure de la vis vient s'engager dans une encoche ménagée dans la tête M de la tige du piston d'une presse hydraulique *k* (fig. 1). En revenant en arrière, le piston ramène avec lui la vis-culasse, qui est alors reçue sur une console L faisant corps avec un chariot N. Une seconde presse hydraulique k_1 (fig. 2), permet de déplacer le chariot N vers la droite jusqu'à ce qu'il vienne buter contre l'arrêt P. L'ouverture de la culasse se trouve alors complétement dégagée, et un tube de chargement O est venu se placer juste en face. Ce tube est muni lui aussi d'un appendice Q_1 qui s'engage à son tour dans l'encoche M de la tête du piston de la presse *k*. On pousse le tube à fond de façon à recouvrir les filets de l'écrou; et on rabat ensuite la pièce T qui sert à la fois à maintenir le tube en place et à guider la charge lorsqu'elle quitte l'appareil de chargement pour s'engager dans le tube O. La tête du piston *k*, s'engageant ainsi tantôt dans la rainure R, tantôt dans la rainure R_1, immobilise le chariot dans ses deux positions extrêmes. Des leviers V V servent à commander la manœuvre des presses *k* et k_1.

La figure 5 permet de se faire une idée de l'installation de ces canons à bord des cuirassés italiens.

L'appareil de chargement F comprend un auget fixé à l'une de ses extrémités, au pont ou à une plate-forme, et pouvant se rabattre à fleur du pont lorsqu'il ne sert pas, de manière à ne pas encombrer. Cet auget du canon guide la tige du refouloir qui est manœuvré à l'aide d'une presse hydraulique.

Une autre presse F permet d'élever l'extrémité libre de l'auget pour l'amener dans le prolongement du canon au moment du chargement. Le projectile et la charge sont placés dans l'auget en avant de la tête du refouloir qui les pousse jusqu'à ce qu'ils soient en place dans la chambre.

Entre l'appareil de chargement et la pièce est placé le mécanisme G qui sert à la manœuvre de la vis-culasse et du tube de chargement; ce mécanisme est fixé sur le plancher de la tourelle tournante. Les figures 3 et 4 représentent des dispositifs un peu différents.

Dans la figure 6, la pièce est montée sur une plaque tournante et peut être chargée par la bouche. Le dispositif ressemble beaucoup à celui dont il vient d'être question. Afin de faciliter la manœuvre de chargement, le canon, au lieu d'être fixé à demeure sur son chariot, lui est relié par l'intermédiaire de tourillons. Pendant le pointage et le tir, la culasse porte sur le chariot par suite de sa prépondérance, mais, pour le chargement, on l'élève au moyen d'une presse hydraulique spéciale H, ce qui permet d'abaisser la bouche de la pièce à hauteur de l'appareil hydraulique de chargement. Ce même appareil peut aussi servir à charger, s'il y a lieu, la pièce par la culasse, mais alors la presse H n'a plus à fonctionner. Comme la pièce, du côté de la culasse, est plus courte que lorsqu'elle se présente par la bouche à l'appareil de chargement, il est alors nécessaire de racheter la différence de longueur par un auget monté sur glissières et portant la charge et le projectile. Le chariot porte-culasse fixé sur la plate-forme en arrière de la pièce ne sert que dans le cas du chargement par la culasse. (*The Engineer.*)

ESSAI DU CANON DE 80 TONNES.

Les [1] récentes expériences de Meppen et la puissance considérable et inattendue que possèdent les derniers canons de Krupp se chargeant par la culasse, paraissent avoir excité l'émulation de notre *War-Office*. Son attention s'est portée tout d'abord sur les canons de 80 tonnes destinés à l'armement de l'*Inflexible*. La première pièce de cette espèce avait 15,5 pouces (39c,4) de calibre et 24 pieds

[1] Traduction de l'article de l'*Engineering*.

(7^m,315) de longueur d'âme. La charge de poudre pesait 370 livres (168 kil.), le projectile, 1 700 livres (771 kil.); la vitesse initiale était de 1 520 pieds (463^m,29) par seconde, et la force vive à la bouche atteignait 27 230 pieds-tonnes (8 433 tonnes-mètres). Le canon Krupp de 72 tonnes [1], qui se rapproche le plus du 80 tonnes anglais, a 15,75 pouces (40 centimètres) de calibre, 28,5 pieds (8^m,687) de longueur d'âme; il tire un projectile de 1 711 livres (776 kil.) à la charge de 452 livres (205 kil.), la vitesse initiale est de 1 648 pieds (502^m,30) et la force vive, à la bouche, est de 32 271 pieds-tonnes (9 994 tonnes-mètres). Pour amener le 80 tonnes à rivaliser avec le 72 tonnes allemand, comme on ne pouvait augmenter sa longueur d'âme, on résolut [2], d'après les rapports officiels, *de porter son calibre à* 16 *pouces* (40^c,6), d'élargir la chambre jusqu'à 17 pouces (43^c,2) et de le tirer avec une charge de 445 livres (202 kil.).

Ainsi modifié, le canon fut essayé à Woolwich, le jeudi 11 septembre ; le tir donna les résultats suivants :

Premier coup : charge, 425 livres (193 kil.) ; projectile, 1 760 livres (798 kil.) ; vitesse initiale, 1 603 pieds (488^m,59) par seconde.

Second coup : projectile identique, charge 445 livres (202 kil.); vitesse initiale, 1 657 pieds (505 mètres), dépassant de 9 pieds (2^m,74) celle du canon Krupp. La force vive à la bouche était, dans les deux cas, de 33 710 pieds-tonnes (10 439 tonnes-mètres) et le coefficient de pénétration (*penetration figure*) de 670 pieds-tonnes par pouce de circonférence du projectile (81 690 tonnes-mètres par centimètre de circonférence), au lieu de 652 pieds-tonnes (79 496 tonnes-mètres) comme pour le canon Krupp.

Il faut dire que la charge du second coup était trop forte et le projectile trop lourd, les conditions normales se trouvaient dépassées ; c'est pourquoi dans les essais ultérieurs

---

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. XIV, p. 473, septembre 1879.

(2) Voir *Revue d'artillerie*, t. XV, p. 94, octobre 1879.

on a descendu la charge à 425 livres (193 kil.) et tiré des projectiles de 1 700 livres (771 kil.) seulement. Aussi, d'après nous, malgré les modifications qu'on lui a fait subir, notre canon de 80 tonnes est encore inférieur au 72 tonnes Krupp.

Dans les essais suivants, on se proposa d'étudier la portée et la durée du trajet pour un angle de tir déterminé. Le premier jour, on tira cinq coups sous l'angle de 1 degré et cinq autres coups sous l'angle de 3 degrés. La portée, pour le plus petit angle de tir, varia de 1 131 à 1 147 yards (de 1 034 à 1 049 mètres); la durée du trajet fut de 2,3 secondes; pour le second angle, la portée varia de 2 525 à 2 583 yards (de 2 309 à 2 362 mètres) et la durée du trajet fut comprise entre 5,2 secondes et 5,5. Le second jour, on avait résolu de tirer un certain nombre de coups avec les obus Palliser et les obus ordinaires, afin de les comparer entre eux, puis d'essayer des shrapnels chargés en guerre contre des cibles à 200, 400, 600 et 1 000 yards (183, 366, 549 et 914 mètres), disposées de façon à représenter des brigades d'infanterie à grands intervalles, mais les expériences furent prématurément interrompues dès le premier coup.

On constata que le culot obturateur de laiton s'était détaché du projectile immédiatement au sortir de l'âme, et, se dirigeant vers la gauche du plan de tir, était allé tomber à 250 yards (229 mètres), près de quelques hommes qui travaillaient dans une briqueterie. A la suite de cet accident, l'enquête montra que, les jours précédents, un assez grand nombre de culots obturateurs s'étaient également détachés de leurs projectiles ; aussi, le tir paraissant trop dangereux, on dut se résigner à le cesser immédiatement. Des expériences récentes ont démontré que ces culots obturateurs sont plus dangereux pour les troupes amies que pour l'ennemi, comme on l'a vu par l'accident du canon se char-

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. XIV p. 229.

geant par la bouche de 38 tonnes du *Thunderer*. Dans cette circonstance, comme dans beaucoup d'autres, les autorités qui ont pris la charge de la défense du pays avaient été prévenues à l'avance de ce qu'il y avait lieu de faire, mais elles ont fait la sourde oreille (*deaf ear*). Sir W. Palliser appela en vain leur attention sur le caractère dangereux du système de culot obturateur en service, et signala le culot obturateur annulaire américain inventé par le capitaine Butler. Ce culot obturateur rend les meilleurs services dans le tir des grosses pièces des États-Unis, et ne peut se détacher du projectile par suite de sa forme, qui est analogue à celle de l'anneau de Bramah.

On a déclaré que les épreuves de vitesse du canon de 80 tonnes, telles qu'on a pu les faire, étaient aussi satisfaisantes que possible; mais nous constatons, d'après les documents officiels, que le calibre était déjà, en 1877, de 16 pouces et non de 15,5 (1), ce qui nous fait soupçonner que le canon n'a pas été modifié comme calibre de l'âme pour les dernières expériences, mais que les derniers résultats du tir doivent leur supériorité sur les précédents à ce que la charge a été portée de 370 livres à 445. Maintenant, il est fort douteux que la pièce eût pu continuer à supporter des charges aussi considérables. (*Engineering*.)

Les essais (2) du canon de 80 tonnes, qui ont eu lieu les 9 et 10 octobre, n'ont pas produit des résultats concluants, car le feu a dû être suspendu le second jour, parce qu'un culot obturateur s'était détaché du culot du projectile et aurait pu causer des dégâts dans son trajet.

On cherchait surtout à déterminer les portées et le degré de justesse du tir. Les vitesses initiales n'avaient pas été notées, car on avait tiré précédemment à Woolwich avec les mêmes charges. Cependant on mesura les pressions

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. VIII, août 1876, p. 470.
(2) Traduction de l'article de *The Engineer*.

à chaque coup, de manière à connaître leurs variations. Dans la séance du jeudi 11, la portée moyenne des projectiles Palliser, sous l'angle de tir de 1°, à la charge de 412 livres (187 kil.), était de 1135 yards (1 038 mètres) avec un écart moyen, en portée, de 9,4 yards (0^m,86). La déviation moyenne observée, c'est-à-dire la déviation du point d'impact moyen, était de 0,25 yard (0^m,229) à droite ; la déviation réduite moyenne, qui est la moyenne des écarts de chaque point comptés à partir du point d'impact moyen, était de 0,61 yard (0^m,56). Sous l'angle de tir de 3°, la portée moyenne était de 2546 yards (2328 mètres) avec un écart moyen de 18,8 yards (17^m,2) ; la déviation moyenne était 4,44 yards (4^m,06) et la déviation réduite, de 0,56 yard (0^m,51). Les manomètres à air de Trinity-House, employés pour la mesure des secousses dans le voisinage de la pièce, donnèrent les résultats suivants : le coup n° 1, sur un écran à 33 pieds (10^m,05) en arrière de la pièce, 29 livres de pression par pied carré (1^k,416 par décimètre carré) au sommet ; 20 livres (0^k,977) en bas ; 11 livres (0^k,537) sur les bords. Le coup n° 2 fit marquer aux trois mêmes points 28 livres, 20 livres et 12 $^1/_2$ livres (1^k,367, 0^k,977 et 0^k,610).

Au 3e coup, les trois manomètres, posés sur le sable l'un à 200 pieds (61 mètres) de la pièce et dans une direction faisant un angle de 22°30′ avec la ligne de tir, l'autre à 140 pieds (42^m,67) et sous l'angle de 45° et le troisième à 100 pieds (30^m,40) et sous l'angle de 90°, indiquèrent 19,25, 23,5 et 16 livres (0^k,940, 1^k,147 et 0^k,781). Au 4e coup et au 5e, les manomètres, dans les mêmes emplacements accusèrent 16,24 et 17 livres (0^k,781, 1^k,172 et 0^k,830), puis 15,22,25 et 16 livres (0^k,732, 1^k086 et 0^k,781). Au 6e coup, on les mit à 130 pieds (39^m,60) sous 22°30′, 150 pieds (45^m,72) sous 45°, et 80 pieds (24^m,38) sous 90°. Ils donnèrent 18,25, 22 et 22,50 livres (0^k,891, 1^k,074 et 1^k,099); au 7e coup, 19,25, 21 et 23 livres (0^k,940, 1^k,025 et 1^k,123), et au 8e, 23, 20,50 et 21,25 livres (1^k,123, 1^k,000 et 1^k,038). Au 9e coup, les manomètres

furent placés à 130, 140 et 150 pieds (39^{m},60, 42^{m},67 et 45^{m},72) sur la même ligne à 22°30′ et donnèrent les pressions de 24,50, 23,50 et 22,25 livres (1^{k},196, 1^{k},147 et 1^{k},085).

Un résultat d'expériences plus utile à connaître que l'évaluation des secousses produites par le tir dans le voisinage de la pièce, est celle des pressions dans l'âme ; pour les trois derniers coups, la pression intérieure a été de 20,6, 20,7 et 18,4 tonnes par pouce carré, c'est-à-dire, en moyenne, de 19,9 tonnes (3 134 kil. par centimètre carré).

En résumé, il y a lieu de conclure de tous ces faits que les qualités de notre 80 tonnes contrastent singulièrement avec celles du 72 tonnes Krupp. Comme nous l'avons déjà dit, le canon de 80 tonnes est une pièce dont la longueur a été reconnue trop courte, mais dont on a cherché à utiliser l'épaisseur considérable des parois en augmentant le diamètre de la chambre. Nous avons dit que la longueur d'âme du canon Krupp est de 343 pouces (8^{m},712), tandis que le canon de 80 tonnes n'a que 288 pouces (7^{m},315). Le diamètre de la chambre du canon Krupp est 17,32 pouces, le calibre, 15,75 pouces ; la différence en diamètre est donc 1,57 pouce (3^{m},98), tandis que, dans le canon de 80 tonnes, la chambre a 18 pouces, ce qui donne un excédant de 2 pouces (51 millim.) sur le calibre qui a 16 pouces. Les longueurs des deux chambres sont 60,6 pouces (1^{m},539) pour le Krupp et 59,6 (1^{m},514) pour le 80 tonnes ; il en résulte que le volume de la chambre du canon de 80 tonnes est un peu supérieur à celui de la chambre du canon Krupp, mais pas assez pour contrebalancer l'excédant de longueur d'âme du 72 tonnes. Les points principaux à examiner sont d'abord la force vive du projectile, et ensuite les pressions dans l'âme, puis vient la justesse du tir qui a été à peu près la même pour les deux pièces. Une autre question aussi importante, quoique d'un tout autre ordre, est la facilité de manœuvre

de la pièce et son degré d'appropriation au service pour lequel elle est créée. On a beaucoup parlé de l'extrême justesse de tir du canon Krupp, mais il faut remarquer qu'on n'a obtenu ce résultat qu'en diminuant le vent jusqu'à des limites inadmissibles dans la pratique.

Examinons quelques-uns des divers points que nous venons d'énumérer. La vitesse n'ayant pas été déterminée, on ne peut calculer la force vive; avec la charge de 445 livres, la force vive atteignait 32 366 pieds-tonnes (10023 tonnes-mètres), mais cette charge est anormale et il vaut mieux compter sur celle de 412 livres qui est beaucoup plus convenable, et sur une force vive de 30000 pieds-tonnes (9291 tonnes-mètres), et la pression de 19,9 tonnes par pouce carré est alors très-suffisante.

La justesse peut être appréciée en portée et en direction. Il est assez difficile de comparer exactement les portées des deux pièces, car l'une a tiré sur le sol et l'autre contre une cible verticale. On a trouvé la justesse du canon Krupp remarquable, et pourtant l'écart latéral, 0,71 yard (0^m,649) à 2734 yards (2500 mètres), n'a rien de surprenant et ne paraît pas être plus faible que celui du canon de 80 tonnes. Les différences de portée s'expliquent par celles de la poudre employée et la supérorité de justesse de tir du canon Krupp provient de ce qu'il emploie la poudre prismatique, tandis que notre canon de 80 tonnes a été tiré avec la poudre pebble qui est inférieure à la poudre allemande. (*The Engineer.*)

Enfin, l'*Army and Navy Journal* de New-York, du 25 octobre, publie sous ce titre : *Lessons of Meppen,* un très-long article dont nous extrayons seulement le passage suivant.

Les résultats des expériences du Meppen sont caractéristiques. Les canons Krupp valent, comme pénétration, les canons actuels de Woolwich de poids double, de sorte que les bâtiments qui ne peuvent avoir à bord des canons anglais de poids trop considérable s'armeront de pièces allemandes qui sont plus légères et plus puissantes.

Une conclusion morale à tirer de tout ceci, fort curieuse pour la nation américaine et qui a frappé fortement le public anglais, c'est qu'un industriel allemand, livré à ses propres ressources, a pu créer, après quelques années de tâtonnements, des canons de gros calibre qui surpassent de beaucoup ceux de l'artillerie officielle anglaise et forcer ainsi les autorités de Woolwich, persuadées jusqu'alors qu'elles avaient les meilleurs canons du monde, de commencer à la hâte une série d'expériences pour engager la lutte et essayer de l'emporter. Et encore l'idée qu'elles ont adoptée de chambrer le canon de 80 tonnes leur a-t-elle été suggérée par un ingénieur de l'industrie privée, sir W. Armstrong.

RENSEIGNEMENTS DIVERS.

Allemagne : Nouvelles fusées percutantes. — Parmi les nombreuses fusées essayées jusqu'ici, celle de Kernaul s'est montrée seule complétement satisfaisante. Elle a été construite avec des dimensions analogues à celles de l'ancienne fusée, afin qu'on puisse continuer à utiliser celles qui sont maintenant en service. Le caractère distinctif de cette nouvelle fusée est la suppression de l'ancienne goupille, qui jouait trop librement.

La fusée Kernaul dont on verra la description plus loin, permet un tir plus rapide, car l'obus, une fois placé dans le coffre, est absolument prêt à être tiré. On évite ainsi les pertes de temps imposées par le vissage du porte-amorce et la mise en place de la goupille ; cette dernière opération, d'ailleurs, n'était pas toujours facile, surtout lorsque le trou qui devait recevoir la goupille était bouché par de la terre.

La fusée Kernaul se compose d'un corps de fusée *b* (fig. 1), dans l'intérieur duquel peut se mouvoir d'avant en arrière un percuteur *a* (fig. 1 et 2). Ce percuteur peut être relié au corps de fusée au moyen d'une pièce représentée (fig. 3) et qui se compose : 1° d'un pas de vis allongé *d* pénétrant dans un écrou *c* (fig. 1) pratiqué au culot de la fusée ; 2° d'une partie cylindrique ; 3° d'une portion de sphère *e* percée suivant un diamètre, d'un canal *f* permettant le passage d'une goupille *l*.

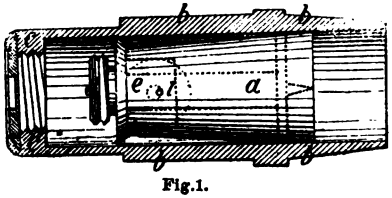


Fig. 1.

Ce canal *f* correspond à deux trous *f* (fig. 2) percés

dans un logement sphérique à l'arrière du percuteur *a*. Lorsque la fusée est montée, la vis *d* est dans son écrou *c*, et la goupille relie le percuteur à la pièce *de* et par conséquent au culot de la fusée.

Le canal *f* de la sphère *e* a un diamètre plus grand que celui de la goupille, afin de permettre un certain jeu du percuteur, qui d'ailleurs ne touche la paroi intérieure du corps de fusée que par les arêtes circulaires *m* et *n*. Vers l'avant, le percuteur porte une pointe *p*.

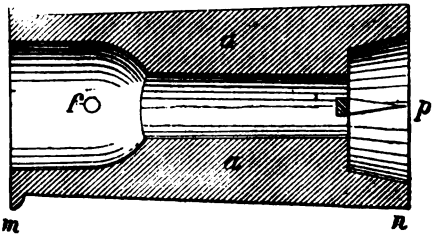


Fig. 2.

Les pièces *a*, *b*, *d*, étant assemblées comme nous l'avons dit, on place la fusée sur le projectile, on y met le porte-amorce et la tête de la fusée, puis on place l'obus dans le coffre, debout sur le culot.

Au moment du tir, aucune manipulation n'est nécessaire ; le projectile part dans l'état où il était dans le coffre. Le mouvement de rotation que lui impriment les rayures produit, par inertie, le dévissage de la vis *d*, dont le pas est très-allongé et en sens inverse du mouvement de rotation. La goupille *l* ayant un jeu considérable dans le trou *f* de la pièce *d*, permet de petits ballottements du percuteur, ce qui empêche ce dernier de s'opposer au mouvement de dévissage. Au bout d'une dizaine de tours du projectile, les pièces *d* et *a* sont devenues libres et, au moment du choc, la pointe *p* vient frapper sur le porte-amorce.

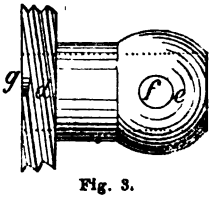


Fig. 3.

Pour empêcher qu'on ne visse la pièce *d* trop à fond dans son écrou, un pan coupé *g* arrête le mouvement de vissage au point voulu.

Si, par suite de trépidations quelconques, la pièce *d* s'était un peu dévissée, elle se revisserait d'elle-même dans le coffre, car le projectile étant posé sur le culot et le pas de vis allongé, les trépidations de la marche feraient descendre petit à petit la vis dans son écrou.

Avec cette fusée, un éclatement dans l'âme est impossible, puisqu'il faut que le projectile ait exécuté plusieurs tours sur lui-même pour que le percuteur soit libre.

Enfin, l'on n'aura rien à craindre en laissant tomber un obus chargé en guerre, puisque la fusée ne peut s'armer à la suite d'un simple choc éprouvé par le projectile, mais seulement par le mouvement de rotation.

M. Kernaul a encore imaginé pour les fusées un autre dispositif répondant aux conditions suivantes :

1° Pouvoir transporter sans danger un projectile armé de sa fusée en dépit des plus violentes secousses ;

2° Prévenir les éclatements accidentels ;

3° Éviter des manipulations qui retardent le tir.

La fusée représentée ci-après (fig. 4 à 9) se compose d'un corps de fusée D (fig. 4) portant à l'extérieur deux oreilles *a* qui s'engagent dans l'obus et empêchent la fusée de tourner dans l'œil de celui-ci. Dans le canal central est ménagée une gorge *f* destinée à fixer le percuteur. A l'avant, le corps de fusée s'évase en tronc de cône pour recevoir la bague B (fig. 6). Au fond du corps de la fusée (fig. 5) on place, en le laissant glisser, un anneau C, dont la coupe est représentée (fig. 7). Le vide intérieur de cet anneau est formé de deux troncs de cône accolés par leur grande base, de sorte qu'à l'avant, cette pièce

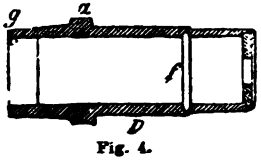


Fig. 4.

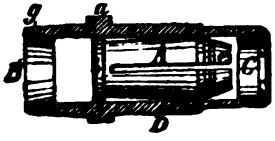


Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

présente une arête circulaire en saillie, destinée à saisir le percuteur au moment du départ.

Après l'anneau C on introduit dans la fusée le percuteur A (fig. 5). Ce percuteur a l'aspect général d'un cylindre qui serait coupé par deux traits de scie presque dans toute sa hauteur et suivant deux plans diamétraux, de manière à former ressort à quatre branches.

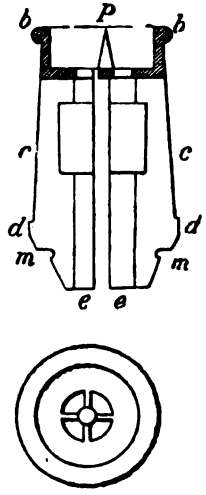


Fig. 8.

Sur le percuteur, on remarque en outre, à l'avant, un bourrelet *b* (fig. 8), puis le corps tronconique *c*, un second bourrelet *d*, de diamètre plus considérable que celui de la paroi intérieure du corps de fusée. Enfin, le bourrelet *d* est séparé de la partie arrière tronconique *e* par une gorge *m*. Lorsqu'on introduit le percuteur dans la fusée, le bourrelet *d* presse contre les parois et rapproche les quatre branches du percuteur jusqu'à ce qu'il rencontre la gorge *f* dans laquelle il se loge en permettant aux quatre branches formant ressort de s'écarter.

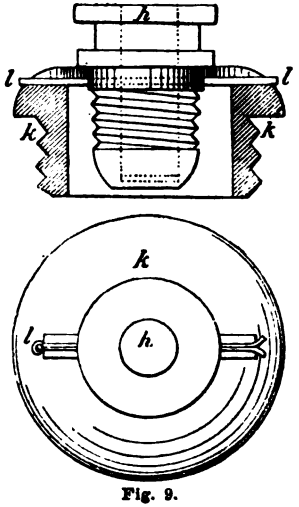


Fig. 9.

Après le percuteur, on met en place la bague B, qui est taraudée à gauche et est fixée au corps de fusée par une goupille *g*.

On visse ensuite dans l'œil de l'obus la tête de la fusée *k* (fig. 9), puis on visse le porte-amorce *h*, taraudé à gauche dans la bague B, et l'on fixe le porte-amorce à la tête de la fusée par une clavette *l*.

Cette fusée offre toute la sécurité nécessaire, puisque le percuteur est parfaitement maintenu en place pendant les transports. Elle n'exige aucune manipulation au moment du tir. La tête de la fusée ne peut se dévisser, non plus que le porte-amorce, car ces deux pièces sont reliées par la clavette *l* et elles sont taraudées en sens inverse. Pour empêcher que les corps étrangers ne pénètrent dans la fusée par le culot, celui-ci est fermé à l'extérieur par une rondelle d'étoffe mince qui est maintenue en place par une rondelle de laiton percée d'un trou central. Cette rondelle de laiton est sertie sur le culot de la fusée.

Fusée percutante de la manufacture de Witten (fig. 10 et 11).

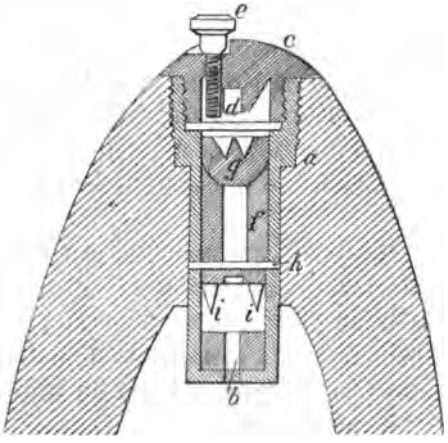


Fig. 10.

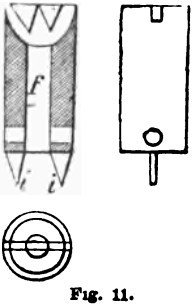


Fig. 11.

Elle se compose de trois parties principales :

1° Un corps de fusée *a* avec un évent *b* à son extrémité postérieure ;

2° La tête de la fusée *c* portant l'amorce *d* et la vis de sûreté *e*;

3° Le percuteur *f* portant une pointe en acier *g*, la goupille *h* et les deux pointes postérieures *i*.

On place la fusée sur le projectile dès que celui-ci est chargé. La vis de sûreté est introduite à fond de manière

que le percuteur ne puisse, pendant les transports, toucher l'amorce *d*.

Il ne reste alors, quand on veut tirer un projectile, qu'à dévisser la vis de sûreté. Quand le coup part, la goupille *h* se brise, les deux pointes *i* pénètrent au fond du culot, dans une matière propre à les retenir et dont on a rempli ce dernier. La fusée est alors armée et prête à fonctionner.

(*Neue militärische Blætter.*)

Hollande : Perfectionnement du fusil d'infanterie. — La *Revue* a déjà parlé [1] de l'adoption d'une nouvelle cartouche pour le fusil de Beaumont dont se sert l'infanterie hollandaise. La *Heeres-Zeitung* nous met aujourd'hui en mesure de donner quelques détails à ce sujet. En 1876, une commission nommée pour étudier les perfectionnements à apporter au tir du fusil hollandais, avait déjà fait réaliser un progrès en modifiant le graissage de la balle, adoptant le graissage extérieur de la cartouche et diminuant l'épaisseur de la rondelle de feutre qui se trouve entre la poudre et la balle.

En 1877, le capitaine Harsveldt, qui avait pris part à de nouvelles recherches, fit adopter une balle de 27 millimètres de long et du poids de 25 grammes. Ce nouveau projectile, qui a donné de bons résultats, porte, à 3 millimètres du culot, une rainure remplie de graisse, ayant 39 millimètres de haut et $1^{mm},2$ de profondeur.

Les expériences furent faites avec 15 fusils portant des hausses de 10 centimètres graduées en millimètres, et dans lesquels on tira neuf modèles de cartouches désignés ci-après :

[1] Voir *Revue d'artillerie*, t. XIV, p. 553 (septembre 1879).

TABLEAU.

N° de la CARTOUCHE.	BALLE.	HAUTEUR du calepin.	CALIBRE y compris le calepin.	LONGUEUR de la balle.
		millim.	millimètres.	millim.
1	Gras (G.)	16,5	11,2	»
2	Id.	15	11,4	»
3	Id.	15	11,6	»
4	Harsveldt (H).	»	11,6	27
5	Id.	»	11,4	27
6	Id.	»	11,2	27
7	G } plomb durci.	15	11,6	»
8	} (plomb : 11, étain : 1)	»	11,6	27
9	H }	»	11,6	27,7

Les cartouches contenaient 5g,2 de poudre, et l'épaisseur de la rondelle de feutre avait été diminuée de moitié. Les balles 1, 2, 3 furent enduites de cire, le graissage extérieur était fait au moyen de cérésine.

Au mois de juin 1879, on reconnut, en tirant les projectiles 1, 2, 8 et 9, que la cérésine était trop adhérente, et on la remplaça, pour le graissage extérieur, par un mélange de quatre parties de graisse et une de cire. La rainure des balles H contenait de la graisse ordinaire sans cire.

Les expériences furent continuées aux distances comprises entre 500 et 2 200 pas (380 et 1 670 mètres).

On constata la puissance de pénétration des projectiles en plomb durci. On donna la préférence à la balle H sans calepin tirée à la charge de 5 grammes de poudre n° 2.

On exécuta alors avec ce seul projectile un tir méthodique destiné au réglage des hausses. On avait mis la bayonnette au bout du canon. On recula le but successivement à 100, 300, 400, 600 et 900 mètres et l'on détermina expérimentalement la hausse à ces distances. On ne put pousser plus loin, parce que l'atmosphère n'était pas suffisamment calme, et l'on déduisit des hausses trouvées, celles qui devaient servir au delà de 900 mètres.

Données balistiques du fusil hollandais.

DISTANCE.	ANGLE de tir.	ANGLE de chute.	RAYON du cercle contenant 50 p. 100 des coups.	HAUTEUR du sommet de la trajectoire.	ZONES DANGEREUSES	
					Infanterie 1m,70.	Cavalerie 2m,55.
mètres.	degrés.	degrés.	centimètres.	mètres.	mètres.	mètres.
100	0° 5′ 57″	0° 10′ 52″	5	0,07	100	100
200	0° 16′ 49″	0° 25′ 5″	14,5	0,32	200	200
300	0° 29′ 55″	0° 43′ 42″	19	0,82	300	300
400	0° 45′ 13″	1° 6′ 46″	25	1,66	400	400
500	1° 2′ 45″	1° 34′ 37″	40	2,91	83	155
600	1° 22′ 30″	2° 6′ 19″	52	4,60	59	87
700	1° 44′ 28″	2° 42′ 50″	64	6,90	44	65
800	2° 8′ 40″	3° 23′ 33″	86	9,82	34	50
900	2° 35′ 4″	4° 8′ 42″	95,5	13,44	27	40
1 000	3° 3′ 42″	4° 58′ 36″	»	17,84	22	33
1 100	3° 34′ 33″	5° 52′ 55″	»	23,09	18	27
1 200	4° 7′ 37″	6° 51′ 35″	172	29,27	16	23
1 300	4° 42′ 55″	7° 54′ 30″	»	36,48	13	20
1 400	5° 20′ 25″	9° 1′ 56″	»	44,82	11	17
1 500	6° 0′ 9″	10° 14′ 0″	»	55,20	10	15
1 600	6° 42′ 6″	11° 30′ 17″	»	65,12	9	13
1 700	7° 26′ 16″	12° 49′ 43″	»	77,24	8	11
1 800	8° 12′ 40″	14° 14′ 54″	»	90,82	7	10

Le relevé des coups se fit jusqu'à 800 mètres sur des cibles verticales ; au delà, on le prit sur le sol.

Les résultats de ce tir de justesse, consignés dans le tableau ci-dessus, montrent que le fusil hollandais, tirant la balle Harsveldt, est comparable aux deux meilleurs fusils d'Europe, le fusil allemand et le fusil français. Des mesures exactes de la justesse ont été faites entre 100 et 900 mètres, et dans ces limites, le fusil de Beaumont, tirant la nouvelle balle, s'est montré franchement supérieur au fusil allemand, et, peut-être un peu aussi, au fusil français modèle 1874.

La vitesse initiale avec la balle Harsveldt est de 440 mètres. (*Deutsche Heeres-Zeitung.*)

Russie : Affût Engelhardt.— Cet affût de campagne, dont

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. X, p. 409 (août 1877), et t. XII, p. 313 (juillet 1878).

on a déjà donné la description complète[1], vient d'être soumis à de nouvelles expériences. On sait qu'il se distingue des autres systèmes en ce que l'essieu est mobile d'arrière en avant et glisse dans des coulisses pratiquées dans les flasques ; il est relié à l'affût par des tirants latéraux qui le rattachent à un tampon élastique fixé entre les flasques. En outre, une forte plaque d'acier appelée *bêche de crosse* est boulonnée à l'extrémité de la crosse et sert à limiter le recul en labourant le sol pendant le tir.

En 1876, une batterie de l'artillerie de la garde avait déjà reçu quatre de ces affûts pour les examiner au point de vue de la solidité et des détails de construction. Pendant les manœuvres qui eurent lieu à cette époque, on leur fit parcourir environ 400 verstes (426 kilom.).

Les conclusions auxquelles on est arrivé sont brièvement relatées dans le journal de la batterie dont nous donnons un extrait.

L'emploi des susbandes à charnière facilite les manœuvres de force : monter la pièce sur son affût, descendre la pièce de son affût. Le chargement et le nettoyage de la pièce se font aisément sous tous les angles. La bêche de crosse fonctionne bien : avant son emploi, l'affût reculait jusqu'à 3 sachsen ($6^m,40$); aujourd'hui, ce recul est limité à 1 $\frac{1}{2}$ arschinen ($1^m,06$).

Au cours des expériences, on a exécuté quelques modifications à la poignée des coffres d'avant-train.

La pièce sur avant-train est bien équilibrée, le timon ne bat pas ; les voitures ont fait 10 verstes (10 667 mètres) au trot avec les servants sur les sièges sans qu'aucun dégât se soit produit.

En somme, on peut conclure que les affûts Engelhardt supportent les marches mieux que ceux qu'on a construits jusqu'à ce jour.

Les expériences de tir furent exécutées avec trois affûts Engelhardt différents. Le premier, que nous désignerons par la lettre A, [illegible] numéro ; c'était celui

qu'on avait envoyé à l'exposition de Philadelphie. Le deuxième, affût B, ne portait pas non plus de numéro. Le troisième avait le numéro 5.

L'affût A tira d'abord sans tampon élastique avec une pièce de 9 livres; l'essieu, cylindrique, avait 3 $\frac{1}{4}$ pouces carrés. Au bout de 30 coups, cet essieu était faussé, et on dut le remplacer par un essieu de 4 pouces carrés qui fut également faussé au bout de 10 coups. On mit ensuite un essieu ordinaire de campagne qui fut brisé au bout de 250 coups (la cassure laissa voir un défaut dans le fer).

On établit alors un tampon élastique de liège, et l'affût supporta sans dommage 604 coups, tant avec le canon de 9 livres qu'avec une pièce de 4 livres.

En somme, on avait tiré avec cet affût 931 coups, savoir :

Canon ordinaire de 9 livres	735 coups.
Canon à longue portée de 9 livres . .	85 —
Canon à longue portée de 4 livres . .	111 —

Au mois de janvier 1877, l'affût B avait tiré 2 415 coups, savoir :

Canon à longue portée de 4 livres . .	1 894 coups.
Canon à longue portée de 4 livres de l'artillerie à cheval	85 —
Canon ordinaire de 9 livres.	28 —
Canon renforcé de 9 livres	404 —

L'affût n° 5 avait, au mois de juin 1877, tiré 1 801 coups.

Pendant toute la durée de ces expériences, les flasques et le système de pointage n'avaient subi que des dégâts insignifiants.

Avec l'affût B, on vit quelquefois se briser la traverse qui réunit les deux tirants au tampon élastique, bien que, dans celui-ci, on eût remplacé le liége par du caoutchouc.

L'affût n° 5 ne souffrit aucun dommage, sauf un boulon qui sauta au 758e coup. Le tir fut continué, et ce n'est qu'entre le 1 400e et le 1 800e coup que les dégradations devinrent un peu plus sérieuses.

L'auteur du rapport résume ainsi les reproches qu'on pourrait faire à l'affût Engelhardt :

L'emploi des tampons rend la fabrication plus compliquée, et réclame un surcroît d'attention dans la manœuvre, mais les avantages reconnus de ce matériel compensent largement ces inconvénients, et d'ailleurs, la difficulté de fabrication ne doit être considérée comme un obstacle que si la solidité de l'appareil en est amoindrie. Or, ce n'est pas le cas. On a dit que la mobilité relative des pièces peut nuire à la solidité de l'ensemble. L'expérience a montré qu'il n'en est rien, mais, quand même l'affût Engelhardt ne serait pas plus solide que les autres, il aurait encore cet avantage de pouvoir être démonté aisément. Deux hommes ne mettent pas plus de trois quarts d'heure pour cette opération, ce qui facilite singulièrement les petites réparations.

L'emploi du caoutchouc dans les tampons élastiques peut, dit-on, amener des inconvénients dus à ce qu'on connaît mal cette matière. L'expérience a fait voir que le caoutchouc employé, étant préparé avec un soin extrême, pouvait fonctionner convenablement par la chaleur et par le froid. Ce ressort a d'ailleurs le mérite de la simplicité.

L'auteur du rapport signale encore quelques qualités du matériel mis en expérience :

Sa solidité permet d'augmenter la charge avec un calibre donné sans augmenter le poids de la pièce.

Le recul est beaucoup moindre qu'avec les autres affûts ; la manœuvre est donc moins fatigante.

L'affût est en fer forgé, métal facile à obtenir et moins cher que l'acier.

Enfin, le mode de construction employé permet d'avoir un affût relativement léger pour un canon à grande portée.

(*Deutsche Heeres-Zeitung.*)

Nous trouvons encore dans un journal russe, l'*Invalide,* quelques observations auxquelles ont donné lieu les affûts

Engelhardt pendant les manœuvres qui viennent d'avoir lieu aux environs de Kiew.

Ces affûts ont affirmé de nouveau leur supériorité, qu'ils doivent à l'emploi des tampons élastiques et à la manière judicieuse dont sont compris les détails de construction. Néanmoins, on a pu remarquer la nécessité de quelques légères modifications.

Après une ou deux manœuvres où les servants sont restés sur leurs siéges, les cylindres de caoutchouc qui supportent ces siéges ont subi une déformation qui en altère le fonctionnement normal.

La clavette qui retient l'esse dans son trou est sujette à se rompre lorsque la voiture subit des chocs violents, et, dans une marche à vive allure, il peut se faire que la roue, se séparant de la fusée, donne lieu à quelque accident. Il serait peut-être convenable de remplacer cette clavette par une lanière.

Le Gérant : Ch. Norberg.

TRANSFORMATION

DES

CANONS KRUPP DE 8c

EN SERVICE EN ESPAGNE

(Extrait du *Memorial de Artilleria.*)

En exécution d'un ordre de la Direction générale de l'artillerie espagnole, en date du 28 décembre 1877, le Comité supérieur technique de l'artillerie fut chargé d'étudier un moyen d'améliorer les canons de 8c en acier se chargeant par la culasse.

Ces canons de 8c qui, lorsqu'ils furent achetés à l'usine Krupp en 1868, étaient les meilleures pièces de campagne alors connues, se trouvent aujourd'hui, grâce aux progrès réalisés par l'artillerie, bien inférieurs aux pièces actuellement en usage chez les puissances européennes. L'Allemagne, par exemple, avec un poids très-admissible pour des pièces légères de campagne, lance un projectile de 5 kil. avec une vitesse initiale de 464 mètres.

Le canon Krupp de 8c, au contraire, ne peut supporter qu'une charge de 550 grammes et lance un projectile de 3k,600 à la vitesse de 330 mètres. Le Comité avait déjà songé à les remplacer par des canons Armstrong de 12 livres ou des canons Krupp de 7c,5 que l'on allait essayer au champ de tir de Carabanchel, mais on ne pouvait s'engager dans les dépenses nécessaires pour reconstituer avec ces nouvelles pièces tout l'armement de campagne, ni se résoudre à faire passer au service de la réserve des pièces aussi bien construites que les canons Krupp de 8c.

C'est pourquoi le Comité supérieur technique de l'artillerie se mit résolument à étudier une transformation qui devait reposer sur les données suivantes :

1° Élever la charge de ces canons à 1 kil., poids égal à celui de la charge employée dans la pièce Krupp de $7^{c},5$;

2° Donner au projectile un poids d'environ 5 kil. et une longueur de deux calibres et demi;

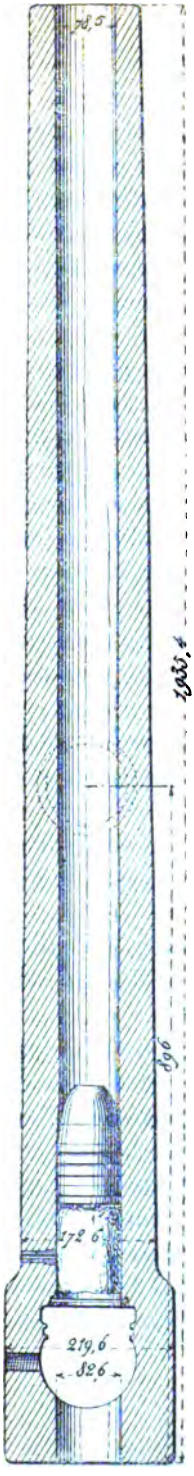
3° Donner à la pièce assez de résistance pour supporter ce nouveau tir sans que son poids excédât 400 kil., et le maintenant, autant que possible, au-dessous de cette limite.

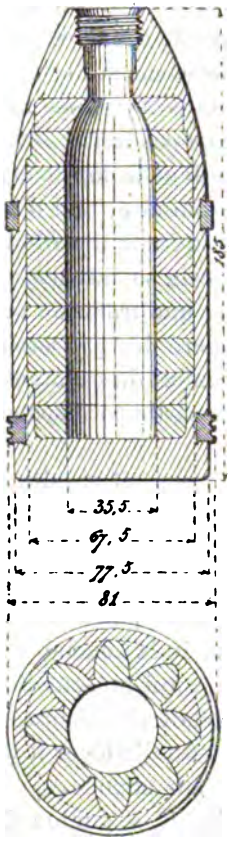
Le mode de transformation qui parut préférable, tant au point de vue de l'économie que de la facilité de son exécution dans le pays même, fut de renforcer par des frettes en acier puddlé le tube d'acier qui constitue le canon actuel. Après avoir fait le calcul de la résistance nécessaire à la nouvelle pièce, celui de l'épaisseur et du serrage à donner aux frettes, le Comité technique soumit à la direction générale de l'artillerie le projet suivant :

Intérieur du canon. — 1° Augmenter le volume de la chambre à poudre en lui donnant une longueur de $217^{mm},5$ et lui laissant le même diamètre ($82^{mm},65$), la raccorder avec la chambre du projectile par un tronc de cône de 50 millimètres de hauteur et ayant un diamètre de $79^{mm},5$ à l'avant. Donner à cette chambre une longueur de $62^{mm},5$ pour la partie cylindrique ($79^{mm},5$) et de 30 millimètres pour le cône de raccordement avec l'âme proprement dite dont le diamètre est de $78^{mm},5$.

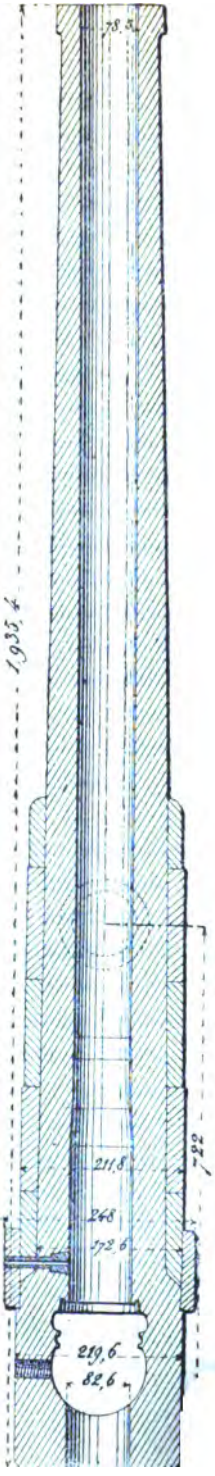
2° Donner aux rayures une largeur uniforme de $17^{mm},9$ sur toute la longueur de l'âme jusqu'au cône de raccordement, afin que l'on puisse faire usage de projectiles munis de ceintures de cuivre. La chambre de l'obus ayant un diamètre de $79^{mm},5$, les rayures se prolongeront jusque dans cette chambre et y auront encore une profondeur de $0^{mm},5$, disposition qui permettra au projectile de s'engager plus facilement dans les rayures.

Canon de 8c espagnol.
(Transformation).
Éch. = 1/20.





Éch. = 1/5.



Extérieur du canon. — 1° Enlever les tourillons et leurs embases;

2° Renforcer le tonnerre, c'est-à-dire la partie comprise entre le fond de la chambre à poudre et l'avant de celle du projectile, par trois frettes ou par un manchon unique suivant que l'une ou l'autre de ces dispositions paraîtra plus facile à exécuter à la fonderie de Trubia.

Ces frettes ou ce manchon auront un serrage correspondant à 0,16 millimètre de différence dans les diamètres. Les épaisseurs indiquées sur la figure sont calculées pour assurer à la pièce toute la résistance nécessaire;

3° Placer à la suite de ces frettes une frette-tourillon, et un anneau de calage dont le logement sera tourné sur la pièce à un diamètre moindre, afin d'empêcher le glissement vers la volée de la frette-tourillon;

4° Placer, comme cela se fait pour les canons Krupp des derniers modèles, une frette de culasse chevauchant en partie sur la première des précédentes, et destinée relier le frettage au renfort du canon et à donner une plus grande résistance à la partie correspondante au fond de la chambre.

Pour placer cette frette, il a fallu tourner une petite partie du renfort prismatique de la culasse, mais sans diminuer sa force.

Pour permettre le fonctionnement du coin, il a fallu supprimer un segment du plateau, ainsi que l'oreille du plateau la plus voisine de la bouche.

La volée de la pièce, qui présentait une épaisseur plus considérable qu'il n'était nécessaire, a été tournée à un diamètre plus faible, afin d'alléger le poids total. On a ménagé une plate-bande à la bouche.

Dans le projet primitif, le guidon devait être placé sur la plate-bande, mais cela aurait exigé des hausses très-élevées et des planchettes de dérives très-grandes. L'adoption pour le matériel de campagne espagnol du système de pointage Armstrong, a permis de reporter le guidon

sur l'anneau de calage et de réduire ainsi la ligne de mire à 800 millimètres.

Projectile. — Au projet de transformation était joint le tracé d'un projectile à fragmentation systématique et à ceintures de cuivre du poids de 5 kil. et ayant une longueur de 2 calibres et demi. Mais comme on avait proposé, pour le canon en bronze comprimé de même calibre étudié à Séville, un projectile en tout semblable, mais du poids de $4^k,700$, on résolut de l'employer aussi pour le canon transformé.

Le 20 mars 1878, la Direction générale, après avoir étudié le projet présenté par le Comité technique de l'artillerie, donna l'ordre de transformer à Séville deux canons de 8^c, avec des frettes de *Trubia*, et de confectionner en même temps 1 000 projectiles du modèle proposé.

Les deux canons transformés arrivèrent à Madrid vers le milieu d'octobre, on installa sur l'un d'eux l'appareil Rodman, et après avoir approprié au service de la bouche à feu un affût en bois modèle 1830, on commença les expériences dans le courant de janvier 1879, et on les continua jusqu'au mois de juin dernier.

Le tableau de la page 199 résume les résultats obtenus avec cette pièce. Elle a tiré 642 coups depuis sa transformation, dont 261 ont servi à mesurer les vitesses et les pressions avec des poudres et des charges différentes.

Il ressort de ces expériences :

1° Qu'avec une charge de $1^k,075$ de poudre allemande semblable à celle employée pour le canon Krupp de $7^c,5$, on obtient une vitesse de 458 mètres, alors que la pièce Krupp avec sa charge réglementaire de 1 kil. et un projectile pesant 300 grammes de moins ne donne qu'une vitesse de 452 mètres;

2° Dans ces conditions, les pressions mesurées [illegible]
rieur de la chambre pour les deux pièces ne diffè[illegible]
sensiblement, il n'y a donc pas lieu de considérer l[illegible]
de $1^k,075$ comme trop forte pour le canon tra[illegible]

dont les épaisseurs ont été calculées pour obtenir une résistance supérieure à celle du canon de 7c,5;

3° Une charge de 1k,050 de poudre de Murcie de 10 à 15 millimètres, a donné les mêmes résultats que celle de 1k,075 de poudre allemande; il y a donc lieu de donner la préférence à la poudre de Murcie;

4° Bien que les effets destructeurs de l'obus à fragmentation systématique soient très-considérables contre les troupes, il y aura lieu de chercher un bon obus à balles avec une bonne fusée à temps, et de le faire entrer pour une grande part dans l'approvisionnement des batteries de campagne. On substituera alors à l'obus à fragments un obus ordinaire avec une charge intérieure aussi forte que possible;

5° Grâce, en partie, au bon système de pointage employé, la précision de la pièce transformée est au moins égale à celle de la pièce de 9c en acier, se chargeant par la culasse;

6° La pièce n'ayant subi aucune altération sensible après avoir tiré 642 coups dont quelques-uns à des charges allant jusqu'à 1k,200, on peut avoir une confiance entière en sa résistance.

Le poids de la pièce transformée est de 335 kil. On a donc pu, avec une augmentation de poids d'environ 40 kil., substituer à un projectile de 3k,600 animé d'une vitesse de 330 mètres, un projectile de 4k,600 animé d'une vitesse de 455 mètres; obtenir, par suite, une trajectoire plus tendue et une justesse comparable à celle des meilleures pièces de l'Europe, et cela sans avoir recours à une poudre étrangère et sans modifier la poudre espagnole.

En présence de ces heureux résultats, la Direction générale de l'artillerie n'a pas hésité à demander la transformation, dans le plus bref délai, des 200 pièces de 8c système Krupp aujourd'hui en service. Cette proposition a été approuvée par le Gouvernement.

Plusieurs systèmes d'affûts ont été essayés au cours

Tir du canon fretté de 8c C. c. Espagnol.

NOMBRE de coups		CHARGE.		ANGLE de tir.	PORTÉES			DÉVIATIONS			ÉCARTS MOYENS	
tirés.	relevés.	Poids.	Espèce de poudre.		maxim.	moy.	minim.	maxim.	moy.	minim.	en portée.	en direction.
		kil.			mètr.	mètr.	mètr.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
17	10	1,150	Poudre à grains de 5mm et de 10 à 15mm par portions égales	0°57′	1 030	1 025	1 021	+ 1,06	+ 0,29	— 0,45	2,183	0,283
12	10	1,150	Id.	1°42′	1 228	1 215	1 199	+ 1,98	+ 0,62	— 0,24	5,520	0,540
50	37	1,050	Poudre à grains de 10 à 15mm	2°53′	1 549	1 524	1 511	+ 4,50	+ 0,62	— 4,90	2,659	1,521
11	10	1,150	Poudre de 5mm et de 10 à 15mm	4°35′	2 033	2 014	1 997	+ 7,50	+ 4,67	0,00	10,930	1,490
11	10	1,150	Id.	4°48′	2 018	1 991	1 974	+17,80	+14,96 (1)	+11,25	12,351	1,177
12	12	1,050	Poudre à grains de 10 à 15mm	5°0′	2 272	2 229	2 202	+ 5,46	+ 2,44	— 2,45	13,725	1,692
39	39	1,150	Poudre à grains de 5mm et de 10 à 15mm	5°0′	2 279	2 240	2 212	+ 9,15	+ 2,86	— 7,25	11,569	2,046
13	10	1,150	Id.	8°13′	3 007	2 989	2 962	+ 6,30	+ 3,78	+ 1,80	15,090	1,060
20	13	1,150	Id.	9°50′	3 442	3 391	3 315	+ 4,75	+ 0,52	— 3,00	29,920	1,940
11	10	1,150	Id.	10°31′	3 490	3 419	3 358	+68,36	+63,98 (1)	+59,55	39,507	1,954
15	10	1,150	Id.	11°16′	3 729	3 718	3 681	+10,55	+ 3,91	— 1,80	11,288	2,420

(1) Pour ces deux séries on n'avait pas cherché à corriger la dérivation.

des expériences, mais on n'a pas encore résolu la question de savoir si on transformerait les affûts en bois, modèle 1868, ou si on construirait un nouvel affût en tôle de fer, avec coffrets d'essieu et roues à moyeu métallique.

Dimensions du canon Krupp de 8c espagnol.

BOUCHE A FEU.				AVANT la transformation.	APRÈS la transformation.
Diamètre de l'âme mesuré sur les cloisons			millim.	78,5	
Id. au fond des rayures			id.	81,1	
Rayures.	Nombre			12	
	Largeur	à la culasse	millim.	17,9	17,9
		à la bouche	id.	14,0	
	Profondeur		id.	1,3	
	Pas de l'hélice		mètr.	3,865	
	Distance de l'origine des rayures au fond de l'âme		millim.	267,0	
	Longueur de la partie rayée		id.	1 462,0	
Chambre à poudre.	Diamètre		id.	82,65	
	Longueur	de la partie cylindrique	id.	»	217,5
		du raccordement tronconique	id.	»	50,0
Chambre à obus.	Diamètre		id.	»	79,5
	Longueur	de la partie cylindrique	id.	»	62,5
		du raccordement tronconique	id.	»	30,0
Longueur totale de l'âme			id.	1 729,0	
Longueur totale de la bouche à feu			id.	1 935,43	
Poids total de la bouche à feu			kil.	295	335
MUNITIONS.					
Poids de la charge			kil.	0,550	1,050
Poids de l'obus chargé			id.	3,600	4,600
Vitesse initiale			mètr.	330	455

Traduit par X. DE BOYSSON,
Capitaine d'artillerie.

MÉTHODE SUIVIE A LA POUDRERIE DU BOUCHET

POUR LES

ESSAIS ET ANALYSES

DE

SALPÊTRES RAFFINÉS.

INTRODUCTION.

Dans les salpêtres naturels ou provenant des nitrières artificielles qui étaient les seuls employés autrefois, on n'admettait que les chlorures en fait de sels déliquescents pouvant subsister après le raffinage. Le dosage du chlore, si facile au moyen du nitrate d'argent, suffisait donc en général à affirmer le degré de pureté d'un salpêtre.

Depuis la fabrication des salpêtres par conversion, un autre sel déliquescent est à redouter, c'est l'azotate de soude.

On sait que les salpêtres par conversion, qui forment presque la totalité de ceux qu'on emploie actuellement en France, se font en traitant à chaud une dissolution d'azotate de soude par le chlorure de potassium. Il se forme du chlorure de sodium dont la majeure partie cristallise dans la liqueur bouillante et en est retirée; puis de l'azotate de potasse qui cristallise par le refroidissement. Le reste du chlorure de sodium et les autres sels étrangers sont enlevés par des lavages à l'eau saturée de salpêtre et à l'eau pure. Mais, soit que dans certains cas la quantité de chlorure de potassium ne soit pas suffisante pour la transformation complète de l'azotate de soude, soit que la décomposition inverse se produise par le refroidissement, il n'en est pas moins vrai que des salpêtres raffinés

au $\frac{1}{4000}$ ou même au $\frac{1}{8000}$, au point de vue des chlorures, peuvent contenir encore $\frac{1}{1200}$ ou $\frac{1}{1600}$ d'azotate de soude.

Le pouvoir hygrométrique de l'azotate de soude pur a été contesté par quelques auteurs. Suivant eux, il faudrait attribuer le phénomène de déliquescence, observé pour ce sel, à la présence de traces de sels de magnésie ou de chaux. La vérification de la justesse de cette opinion pourrait présenter quelque importance au point de vue théorique ; quant au point de vue pratique, le seul auquel nous nous placions, il nous suffit de constater que les échantillons d'azotate de soude, purifiés aussi bien que possible par les méthodes de cristallisations et de lavages qui sont les seules employées dans le raffinage, absorbent à peu près autant d'humidité que le même poids de chlorure de sodium placé dans les mêmes conditions. On doit donc forcément proscrire la présence de ce sel dans les salpêtres destinés à la fabrication des poudres de guerre à peu près dans les limites adoptées pour les chlorures, et si on en tolérait une limite un peu supérieure, $\frac{1}{2000}$ par exemple, ce ne pourrait être surtout que par la difficulté qu'on éprouverait à estimer assez exactement une quantité plus faible de ce corps dans un salpêtre.

Les poudreries militaires ayant été amenées à faire fréquemment l'analyse de salpêtres destinés à la fabrication, nous allons exposer la méthode qui a été suivie à la poudrerie du Bouchet.

Les impuretés que nous dosons sont :

L'eau,
Les matières organiques,
Le chlore,
L'acide sulfurique,
Les bases terreuses,
La soude.

Le salpêtre étant raffiné, c'est-à-dire ne contenant que de faibles quantités de ces divers corps étrangers, tout dosage

direct qui repose sur la pesée d'un précipité recueilli sur un filtre devient presque impossible et ne peut donner que des résultats peu exacts; aussi, le procédé d'analyse que nous employons ne détermine-t-il sur le salpêtre lui-même que les substances qui peuvent être estimées par perte de poids comme l'eau, ou par des liqueurs titrées comme les matières organiques et le chlore; quant à l'acide sulfurique, les bases terreuses et la soude, nous les dosons dans une liqueur où les impuretés se trouvent concentrées en beaucoup plus grande quantité relativement au salpêtre, quantité qui est reliée par un rapport connu avec celle existant dans le sel primitif.

Formation de l'échantillon. — L'échantillon se prend dans plusieurs barils et dans chacun d'eux en plusieurs points à différentes hauteurs, tant au centre que vers les parois. Les diverses quantités recueillies, dont l'ensemble doit former 5 kil., sont passées au tamis et bien mélangées pour constituer un tout homogène dans lequel on prend successivement les quantités nécessaires à la détermination des divers corps.

ANALYSE.

PREMIÈRE PARTIE.

Dosage de l'eau, des matières organiques et du chlore.

Dosage de l'eau. — Avant toute autre opération on doit doser l'humidité dont la quantité est nécessaire à connaître pour corriger la pesée des divers échantillons qu'on prélèvera. Ce dosage est effectué par les procédés ordinaires.

Dans le cours de ce travail, toutes les fois que nous indiquons un poids de salpêtre, nous supposons que la correction relative à l'humidité a été faite; le poids dont nous parlons s'applique donc à du salpêtre sec.

Matières organiques. — Nous ne nous occupons ici q

des matières organiques solubles, c'est-à-dire renfermées dans les cristaux, ou de celles qui, disséminées dans la masse du salpêtre, sont à un état de ténuité tel que le tamisage ne puisse pas les en séparer. Elles se composent en général de colloïdes analogues à la gélatine employée dans le collage et des poussières amassées pendant la fabrication. Quoique à notre connaissance, on ne se soit jamais occupé d'estimer la quantité de ces matières dans les analyses de salpêtre, nous pensons pourtant que leur détermination présente dans quelques cas une certaine importance, car non-seulement ces substances sont hygrométriques pour la plupart, mais encore, sous les influences atmosphériques, elles finissent par subir une décomposition qui fournit toujours comme résultat une certaine quantité d'eau. Elles doivent avoir, par conséquent, une influence réelle sur la bonne conservation de la poudre.

Ces matières, comme nous venons de le dire, étant d'une nature assez difficile à définir et de plus ne pouvant pour ainsi dire pas s'isoler, pour avoir de leur valeur une expression facile à comprendre et suffisamment comparable d'un salpêtre à l'autre, nous admettons que leur rôle, tant vis-à-vis de l'humidité que vis-à-vis des corps oxydants, doit ressembler beaucoup à celui de la gélatine, d'où la majeure partie d'entre elles semble du reste provenir ; et alors, en comparant leur action décolorante sur le permanganate de potasse à celle d'un poids connu de gélatine, nous pouvons exprimer en poids de gélatine la quantité de matières organiques contenues dans un échantillon donné.

Pour faire comprendre et la nature du résultat que donne l'analyse et l'importance qu'il y a dans certains cas à pouvoir doser cet élément d'impureté, ne fût-ce que par comparaison, nous citerons l'exemple d'un salpêtre qui, dissous dans l'eau, donnait une liqueur un peu trouble, légèrement teintée en jaune et sur laquelle nageait une assez grande quantité d'écume. Il était certain qu'il contenait une forte proportion de matières organiques. En le sou-

mettant au mode de dosage indiqué, nous avons trouvé que 100 grammes de ce salpêtre décoloraient la même quantité de permanganate que $0^{gr},0375$ de gélatine, c'est-à-dire se comportaient comme s'ils eussent contenu un poids de gélatine égal à $\frac{1}{2666}$ de leur poids propre. Or, la plupart des salpêtres raffinés ne nous donnent que l'équivalence de $\frac{1}{10000}$ ou même de $\frac{1}{24000}$ de gélatine. On voit donc qu'on a pu, par le procédé que nous employons, affirmer que le salpêtre essayé contenait plus de quatre fois autant de matières organiques que les salpêtres raffinés employés couramment.

En résumé, le résultat de cette opération consiste principalement dans un chiffre introduit à la place d'une appréciation individuelle qui pourrait varier notablement d'un observateur à un autre.

Nous décrirons avec quelques détails un dosage de ce genre, en renvoyant au Traité d'analyses par les liqueurs titrées de Mohr pour tout ce qui concerne les instruments ainsi que la confection, la conservation et l'usage des liqueurs titrées.

On prépare à l'avance deux liqueurs contenant chacune par litre, la première $15^{gr},81$ de permanganate de potasse, et la seconde $31^{gr},50$ d'acide oxalique cristallisé. On fixe le titre relatif de ces deux liqueurs, qui sera, je suppose, de $20^{cc},7$ de permanganate, pour amener la teinte rose permanente dans l'eau contenant 20 centimètres cubes d'acide oxalique.

On prend alors 100 grammes de salpêtre qu'on dissout dans 500 centimètres cubes d'eau distillée; on y verse 40 centimètres cubes d'une dissolution de potasse caustique à 10 grammes par litre et 40 centimètres cubes de la liqueur de permanganate. On fait bouillir 20 minutes et on laisse refroidir jusqu'à la température de 60 à 70 degrés. On a préparé un ballon de 3 litres environ dans lequel on a placé 70 centimètres cubes d'acide sulfurique dilués dans 350 centi[illegible]; on y verse le contenu

du premier ballon qu'on rince avec 200 centimètres cubes d'eau acidulée de 20 centimètres cubes d'acide sulfurique, puis avec 100 centimètres cubes d'eau. Les eaux de ces deux lavages sont réunies successivement dans le grand ballon. On verse alors dans ce ballon, avec une burette, 40 centimètres cubes de la dissolution d'acide oxalique, on chauffe jusque vers 40 ou 50 degrés s'il est nécessaire ; la liqueur est décolorée. On ajoute alors du permanganate goutte à goutte jusqu'à ce qu'on obtienne le rose permanent ; supposons qu'il en faille $3^{cc},2$. On en a donc mis dans la liqueur $43^{cc},2$; or comme $41^{cc},4$ suffisent pour amener le rose permanent dans une liqueur contenant 40 centimètres cubes d'acide oxalique, il y en a eu $43^{cc},2$, moins $41^{cc},4$, soit $1^{cc},8$ décomposé par les matières organiques du salpêtre.

En même temps on a opéré exactement de la même façon sur 100 grammes du même salpêtre additionné de $0^{gr},1$ de gélatine parfaitement incolore, et on a trouvé que pour ramener au rose permanent il fallait $14^{cc},3$ de permanganate de potasse. Il s'ensuit que $0^{gr},1$ de gélatine correspond à $11^{cc},1$ de permanganate et que les matières organiques existant dans les 100 grammes de salpêtre produisent sur le permanganate le même effet que $0^{gr},1 \times \frac{1,8}{11,1}$ ou $0^{gr},0162$ de gélatine, soit $\frac{1}{6173}$ du poids total.

Nous ajouterons que le dosage de la gélatine n'a pas besoin d'être répété à chaque opération, car avec une liqueur de permanganate, dont le titre était resté constant, la quantité décomposée par $0^{gr},1$ de gélatine n'a varié dans 20 opérations, faites dans un laps de temps de trois mois, que de $10^{cc},9$ à $11^{cc},2$.

Chlorures. — Nous dosons le chlore au moyen de la liqueur titrée réglementaire de nitrate d'argent; seulement, il est bon d'en vérifier le titre sur une dissolution de chlorure de sodium qui peut être faite et conservée exacte beaucoup plus facilement.

La méthode que nous employons procède directement

de celle prescrite par l'instruction du 7 décembre 1818 pour vérifier la pureté des salpêtres.

Voici de quelle manière on opère : Supposons que le titre de notre liqueur de nitrate d'argent, déterminé comme on le verra plus loin, soit tel que notre pipette de 1 centimètre cube précipite $0^{gr},00329$ de chlorure de sodium. On prend alors 200 grammes du salpêtre à essayer qu'on fait dissoudre de manière à former 1 litre de dissolution à une température voisine de 17 degrés. On en prend 50 centimètres cubes qu'on acidule avec quelques gouttes d'acide nitrique pur et on y ajoute un centimètre cube de liqueur de nitrate d'argent avec la pipette qui est employée pour la fixation du titre. Après avoir agité on jette sur un filtre; les premières portions qui passent sont légèrement troubles, mais au bout de quelques instants le liquide coule parfaitement limpide. A ce moment on recueille la liqueur dans un nouveau récipient, et lorsqu'on en a suffisamment, on la partage en deux parts, dont l'une est essayée au moyen de quelques gouttes de nitrate d'argent, et l'autre, s'il y a lieu, au moyen du chlorure de sodium; selon celui des deux réactifs qui précipite, on diminue ou augmente la quantité de liqueur salpêtrée sur laquelle on agit, et, en cinq ou six essais, on fixe à moins de $^1/_2$ centimètre cube le volume de liqueur et, conséquemment, à moins de $0^{gr},1$ le poids de salpêtre qui contient une quantité de chlorure équivalente à $0^{gr},00329$ de chlorure de sodium.

En prenant une de nos analyses, on peut voir le nombre ordinaire des essais :

Volume de la liqueur salpêtrée.	Réactif qui précipite dans la liqueur filtrée.
50^{cc}	Chlorure de sodium.
100^{cc}	Id.
120^{cc}	Azotate d'argent (léger trouble).
115^{cc}	Chlorure de sodium trouble net.
118^{cc}	Chlorure de sodium teinte bleuâtre très-légère.
119^{cc}	Azotate d'argent teinte bleuâtre très-légère.

Nous admettons alors $118^{cc},5$ comme volume de la liqueur salpêtrée et par conséquent $23^{gr},70$ comme poids du salpêtre qui contient une quantité de chlorure équivalente à $0^{gr},00329$ de chlorure de sodium, d'où nous déduisons que le degré de raffinage est de $1 : \frac{23,70}{0,00329}$, soit $\frac{1}{7201}$.

La fixation du titre de la dissolution d'argent s'effectue de la même manière et en employant les mêmes pipettes, sur une liqueur titrée contenant dans 1 litre une quantité de chlorure de sodium exactement pesée.

Ce dosage, dont la description est assez longue, se fait pourtant très-rapidement; sa durée ne dépasse pas, en général, trois quarts d'heure.

DEUXIÈME PARTIE.

Dosage de l'acide sulfurique, des bases terreuses et de la soude.

Ces corps, ainsi que nous l'avons déjà dit, ne peuvent pas être dosés directement dans un salpêtre raffiné où leur proportion reste toujours notablement inférieure à $\frac{1}{1000}$; mais nous avons fait voir, dans un travail publié en octobre 1878, dans les *Annales de chimie et de physique* (1re série, tome XV, page 173), la possibilité d'un dosage suffisamment exact d'aussi faibles quantités de sels solubles, en les retirant des dernières eaux-mères de plusieurs cristallisations successives par lesquelles on a éliminé la plus grande partie du salpêtre pur.

Voici du reste de quelle manière nous exposions le mode de fabrication de la liqueur à analyser :

« Le salpêtre, comme on le sait, cristallise anhydre; si « donc on dissout, dans un poids d'eau chaude à peu près « égal au sien, un salpêtre contenant de faibles quantités de « sels étrangers solubles et qu'on laisse refroidir la dissolu- « tion, le salpêtre cristallisera seul et tous les sels étran- « gers resteront dans les eaux-mères qui, elles-mêmes, « contiendront toute l'eau qui existe dans le cristallisoir. « En décantant alors ces eaux-mères, il est naturel d'ad-

« mettre *qu'on retirera les sels étrangers dans la proportion de* « *la quantité d'eau recueillie à la quantité d'eau totale existant* « *dans la dissolution.*

« Mais, comme on peut retirer ainsi les $\frac{9}{10}$ environ de « l'eau et que celle-ci ne retient en général que le $\frac{1}{6}$ de son « poids de salpêtre, on obtient une dissolution dans laquelle « la proportion d'impuretés est $\frac{9}{10} \times \frac{4}{6}$ ou 4 fois et demie « celle qui existait dans le salpêtre primitif.

En concentrant cette dissolution, laissant cristalliser de « nouveau et répétant une ou deux fois ce traitement, on « obtient des eaux-mères où la proportion des impuretés « s'accroît à chaque cristallisation et dans un rapport qu'il « est possible de déterminer.

« Après deux ou trois cristallisations, si la température « ambiante est élevée, on peut obtenir un sel qui contient « de 20 à 25 fois plus d'impuretés que le salpêtre primitif « et où la soude, n'en existerait-il tout d'abord que $\frac{1}{2000}$, peut « être dosée.

« La conclusion résultant des analyses citées dans ce « travail était que : *Lorsqu'un salpêtre cristallise dans un* « *poids déterminé d'eau, les eaux-mères qu'on retire contien-* « *nent une fraction des impuretés totales toujours égale au rap-* « *port du poids d'eau recueilli au poids d'eau employé à faire* « *la dissolution* (¹). »

Il s'ensuit donc qu'en opérant sur un salpêtre, comme nous venons de le dire, il suffit à chaque cristallisation de doser exactement la quantité d'eau existant dans la dissolution qui a cristallisé et celle qui existe dans les eaux-mères recueillies pour avoir le coefficient qui relie la quantité d'impuretés finales à celle existant dans le salpêtre primitif. Mais cette méthode laborieuse et longue qui devait être employée pour démontrer le principe que nous avons énoncé peut, une fois le principe admis, être singulièrement

(¹) Il est clair que nous ne parlons ici que de salpêtres contenant une proportion d'impuretés assez faibles pour que, quelle que soit leur concentration amenée par les cristallisations successives, elles soient en quantité toujours bien moindre que celle nécessaire à la saturation de l'eau employée.

abrégée dans la pratique ordinaire des analyses. En effet, de ce que les impuretés se retrouvent à chaque cristallisation en totalité dans les eaux-mères, il s'ensuit qu'elles conservent entre elles jusqu'à la dernière cristallisation leur proportion réciproque; si, alors, on peut doser exactement l'une d'elles dans 1 kilogramme, par exemple, du salpêtre primitif, la quantité qui en restera dans les eaux-mères finales donnera de suite la relation du poids des autres impuretés qui y existent également avec les poids qu'on aurait trouvés dans ce même kilogramme de salpêtre si on les y eût dosées.

De tous les corps étrangers contenus dans le salpêtre, le chlore, vu la grande exactitude et la grande facilité avec laquelle on le dose, est celui qui se prête le mieux à la détermination du rapport que nous recherchons.

La préparation de l'analyse se fait alors de la manière suivante :

Le dosage du chlore et l'aspect des précipités produits par le chlorure de baryum et le carbonate de soude dans les dissolutions de l'échantillon de salpêtre indiquent si la proportion des sels étrangers est faible ou considérable, et permettent de fixer à 2, 3 ou 4 kilogr. le poids de salpêtre sur lequel portera l'expérience.

Prenons le cas d'un salpêtre très-pur, dont la teneur en chlore ait été trouvée correspondante à $0^{gr},1143$ de chlorure de sodium par kilogramme, et où les deux autres réactifs n'aient donné que des précipités peu abondants. Nous en pesons aussi exactement que possible 4 kilogr. (correction faite de l'humidité); nous les plaçons dans un vase avec 4 litres d'eau distillée, nous faisons chauffer le tout en agitant jusqu'à complète dissolution et nous laissons cristalliser, autant que possible, dans un local frais. (Les vases en cuivre étamé où se font dans les poudreries les dissolutions de salpêtre pour prendre les densités à l'eau saturée sont fort convenables pour cette opération.)

Lorsque la dissolution est revenue à la température

ordinaire, nous décantons les eaux-mères, dont nous notons la température, 16 degrés par exemple, et dont nous prenons approximativement le poids, $4^k,350$. Ces eaux-mères doivent être évaporées jusqu'à ce qu'elles contiennent à peu près leur poids de salpêtre, et il est facile de connaître d'une façon très-approchée leur composition. En effet, à 16 degrés il faut 100 parties d'eau pour dissoudre environ 27 parties de salpêtre, donc le salpêtre contenu dans les eaux-mères est égal à $4,350 \times \frac{27}{127}$, soit 925 grammes, ce qui donne pour l'eau $3^k,425$. Nous devons alors les évaporer jusqu'à ce que leur poids soit descendu à $1^k,850$.

Ces évaporations se font avec grande facilité en plaçant les eaux-mères dans un ou plusieurs ballons à long col, qu'on ne remplit que jusqu'à la moitié ou au deux tiers de leur capacité, et dont on maintient le col incliné à 45 degrés pendant l'ébullition. De cette façon, on n'a pas à craindre de projections par les soubresauts de la liqueur ; on peut donc la faire bouillir franchement et amener ainsi assez rapidement sa concentration.

On pèse de temps à autre les ballons sur une balance ordinaire et on détermine ainsi le moment où il faut arrêter l'opération.

Dans notre analyse, la concentration a été faite dans trois ballons ; on les a laissés revenir à la température ambiante, les liqueurs ont cristallisé et on a retiré les eaux-mères dont la température était de 15 degrés et le poids de $1^k,120$.

Elles contenaient donc environ 228 grammes de salpêtre et 892 grammes d'eau; nous avons dû les ramener au poids de 556 grammes.

Cette opération faite, on a laissé cristalliser et on a retiré 325 grammes d'eaux-mères qui, étant à la température de 16 degrés, contenaient par conséquent environ $69^{gr},5$ de salpêtre et $158^{gr},5$ d'eau.

Dans la plupart des cas, la concentration arrivée à ce point est suffisante. En effet, si avec les données *que nous*

n'avons prises que pour guider l'opération, mais qui sont assez près de la vérité, nous calculons le rapport des impuretés qui existent dans ces eaux-mères à celles existant dans les 4 kilogr. de salpêtre primitif, nous voyons qu'il est égal à $\frac{3425 \times 692 \times 158,5}{4000 \times 625 \times 228}$, soit 0,574. Si donc le salpêtre primitif contenait $\frac{1}{2000}$ d'un corps étranger, soit 2 grammes de ce corps dans les 4 kilogr., il en existerait $1^{gr},148$ dans nos $69^{gr},5$ de sel final, c'est-à-dire $\frac{1}{60}$. Mais, pour des impuretés qui n'auraient existé que dans la proportion de $\frac{1}{4000}$, $\frac{1}{6000}$ ou même $\frac{1}{10000}$, elles ne se retrouveraient dans les $69^{gr},5$ de sel final que dans les proportions de $\frac{1}{120}$ $\frac{1}{180}$ ou $\frac{1}{300}$, ce qui pour le dosage de certains corps serait insuffisant.

Comme le salpêtre sur lequel nous avons opéré paraissait fort pur, nous avons fait une nouvelle concentration en ramenant les 325 grammes d'eaux-mères au poids de 140 grammes, et, après cristallisation, nous avons retiré 75 grammes de liqueur à la température de 16 degrés. Cette liqueur, étant formée approximativement de 16 grammes de salpêtre et de 59 grammes d'eau, doit contenir à peu près les 0,48 des impuretés primitives qui, réparties sur 16 grammes, donnent plus de $\frac{1}{100}$ pour des substances dont le salpêtre primitif n'aurait contenu que $\frac{1}{10000}$.

Ramenées à cette proportion, les substances que nous devons doser peuvent l'être par tous les procédés en usage dans la chimie, et parmi lesquels celui qui fait l'analyse choisira ceux qui lui inspirent la plus grande confiance. Voici ceux auxquels nous nous sommes arrêté.

Les dernières eaux-mères sont mises dans un ballon jaugé et étendues d'eau de manière à faire 500 centimètres cubes, puis nous retirons successivement avec la même pipette de 50 centimètres cubes et nous versons dans des récipients séparés :

1° Pour l'analyse de la soude, 50 centimètres cubes dans une capsule de porcelaine ;

2° Pour le dosage de la chaux et de la magnésie, 100 centimètres cubes dans un matras.

3° Pour le dosage de l'acide sulfurique, 100 centimètres cubes dans un matras;

4° Enfin, dans quatre matras, 50 centimètres cubes, l'un pour le dosage du chlore, les trois autres pour des épreuves de contrôle ou en cas de perte d'une analyse.

Nous déterminons tout de suite le chlore soit au moyen de la liqueur titrée, soit par la pesée du précipité formé par le nitrate d'argent. Dans les 50 centimètres cubes employés à cet usage, nous en avons trouvé une quantité équivalente à $0^{gr},0525$ de chlorure de sodium correspondant à $0^{gr},01365$ de chlore.

Nous verrons plus loin l'usage qu'on doit faire de ce résultat.

Acide sulfurique. — Pour doser l'acide sulfurique, nous le précipitons à l'état de sulfate de baryte.

Pour nos 100 centimètres cubes, nous avons trouvé $0^{gr},043$ de sulfate de baryte qui correspondent à $0^{gr},032$ de sulfate de potasse et à $0^{gr},0147$ d'acide sulfurique.

Bases terreuses. — Nous effectuons le dosage de la chaux et de la magnésie successivement dans la même liqueur par les moyens habituels.

Nous avons ainsi trouvé pour la chaux $0^{gr},011$, et pour la magnésie déduite par le calcul du poids du pyrophosphate calciné $0^{gr},0056$.

Dosage de la soude. — Parmi tous les procédés employés pour doser la soude, celui qui nous a paru le meilleur est le procédé de Serullas modifié d'une façon fort heureuse par M. Schlœsing. (*Annales de chimie et de physique,* page 561, août 1877.)

Il consiste à transformer tous les sels de la liqueur en perchlorate au moyen de l'acide perchlorique et à en séparer le perchlorate de potasse par des lavages à l'alcool à 40 degrés, dans lequel le perchlorate de potasse seul est insoluble. Du poids du perchlorate de potasse, et connaissant celui des bases terreuses, on conclut le poids de la soude. On peut du reste retrouver cette dernière base dans la disso-

lution alcoolique. Nous croyons utile de décrire avec détail ce mode de dosage, qui présente quelques différences suivant que le salpêtre contient ou ne contient pas de sulfates.

On doit tout d'abord essayer l'acide perchlorique qu'on emploiera pour les réactions, c'est-à-dire connaître son degré de concentration et la quantité de résidu qu'en laisse un volume donné.

A cet effet, on détermine combien il faut de centimètres cubes d'acide pour saturer 1 gramme de carbonate de potasse ; c'est en général 2 ou 3 centimètres cubes, et combien 5 à 6 centimètres cubes d'acide, évaporés à siccité dans un creuset de platine, laissent de résidu. Avec la plupart des acides fournis comme purs, le résidu est de 2 à 3 milligrammes.

Ces données connues, les 50 centimètres cubes de liqueur sont placés dans une capsule de porcelaine tarée avec soin. On évapore à siccité, et les dernières traces d'eau étant chassées à la lampe, on pèse de nouveau la capsule ; on a ainsi le poids du sel contenu dans 50 centimètres cubes des eaux-mères. Ce poids est pris principalement en vue de vérifier approximativement les nombres fournis par les diverses analyses ; il a été trouvé de $1^{gr},681$.

Dans le cas où le sel ne contient pas de sulfate, on le dissout dans une petite quantité d'eau chaude et on y ajoute autant de centimètres cubes d'acide perchlorique qu'il en faut pour qu'il y en ait un léger excès, de 1 centimètre cube par exemple ; on évapore au bain-marie d'abord, puis à la lampe, jusqu'à ce que les fumées blanches d'acide perchlorique aient disparu [1]. On laisse refroidir la capsule dans une atmosphère sèche et on la pèse pour

---

[1] S'il ne se produisait pas de fumées blanches à la fin de l'évaporation, c'est qu'on n'aurait pas mis suffisamment d'acide perchlorique ; il faudrait alors redissoudre dans l'eau et ajouter un peu d'acide.

connaître le poids total des perchlorates (1). On reprend alors son contenu par l'alcool à 40 degrés, en ayant soin de broyer les cristaux dans l'alcool avec une baguette de verre ; on laisse reposer et on décante la liqueur claire sur un petit filtre ; on renouvelle quatre à cinq fois ce traitement, et on lave le filtre une ou deux fois à l'alcool. L'alcool recueilli contient, à l'état de perchlorates, toutes les bases autres que la potasse ; on lave à deux ou trois reprises le filtre avec quelques gouttes d'eau bouillante pour dissoudre le perchlorate de potasse qui aurait pu être entraîné dans les décantations, et on reçoit cette eau de lavage dans la capsule. On évapore son contenu à siccité, on le dessèche au bain-marie puis à la lampe, et on pèse la capsule.

On connaît ainsi le poids du perchlorate de potasse. En retranchant ce poids de celui qu'on a obtenu avant le lavage à l'alcool, on a le poids des perchlorates de soude, de chaux et de magnésie, et comme on a dosé déjà les bases terreuses, on estime la soude par différence.

On pourrait la trouver directement en évaporant la dissolution alcoolique, reprenant le résidu par l'eau pour y précipiter la chaux et la magnésie à l'état de carbonate ammoniaco-magnésien, les eaux de lavage ne contiendraient plus que la soude comme base fixe. Cette opération, du reste, ne peut former qu'un contrôle des pesées, car si la dissolution alcoolique pouvait entraîner de la potasse, elle resterait dans les eaux de lavage et serait comptée comme soude.

Dans le cas où le sel contient un sulfate, le mode d'opération doit être un peu modifié (2).

---

(1) Cette pesée peut être faite exactement dans le cas où, comme dans les salpêtres raffinés, la proportion de perchlorate de soude est très-faible.

(2) Nous avons tout d'abord essayé de ramener ce cas au cas précédent en transformant tous les sels en chlorures au moyen du traitement par le chlorhydrate d'ammoniaque décrit par Henri Rose, (*Traité de chimie analytique*, 2e vol., page 16), Frésenius (*Analyse quantitative*, page 457) ; mais nous avons dû y renoncer de nombreux essais. Nous citerons comme exemple un mélange à pro connue d'azotate et de sulfate de potasse qui a été traité quatorze fois par

Après avoir, comme on l'a dit plus haut, pesé le sel contenu dans les 50 centimètres cubes d'eaux-mères, on le dissout dans une petite quantité d'eau chaude et on y ajoute du chlorure de baryum en quantité un peu plus que suffisante pour précipiter tout l'acide sulfurique. Le dosage des sulfates permet de connaître le poids de chlorure à y mettre. On ajoute dans la liqueur assez d'acide perchlorique pour transformer en perchlorates tous les sels solubles, y compris le léger excès de chlorure de baryum, et on évapore le tout à siccité. Lorsque les dernières vapeurs d'acide perchlorique ont disparu, on reprend la masse par quelques gouttes d'eau, au cas où un peu de sulfate de baryte se serait transformé en perchlorate sous l'action de l'acide perchlorique libre à la température élevée où se fait l'expulsion de cet acide, et on dessèche de nouveau la masse. On la broie alors dans l'alcool à 40 degrés, qui dissout les perchlorates de soude, de chaux, de magnésie et de baryte, et on la jette sur un filtre qui ne retient, après l'épuisement par l'alcool, que le perchlorate de potasse et le sulfate de baryte. On évapore la dissolution alcoolique à siccité et on reprend le résidu par l'acide sulfurique étendu, qui précipite le perchlorate de baryte ; on filtre et on évapore les eaux de lavage à siccité. Les perchlorates de chaux, de soude et de magnésie qui restent seuls, se trouvent transformés en sulfates et sont pesés comme à l'ordinaire (1).

---

hydrate d'ammoniaque ; dans les deux derniers traitements, son poids n'avait varié que de 1 milligramme, et pourtant il contenait encore une proportion notable d'acide sulfurique.

(1) Le mélange de sulfate de soude, de sulfate de chaux et de sulfate de magnésie peut être traité comme le sulfate de soude seul par le carbonate d'ammoniaque, sans qu'il y ait décomposition sensible du sulfate de magnésie. Ainsi :

1gr,075 de sulfate de soude 0gr,773 de sulfate de chaux 0gr,492 de sulfate de magnésie	1gr,810

ont été traités dans un creuset de platine par l'acide sulfurique pour transformer le sulfate de soude en bisulfate ; l'excès d'acide a été chassé par évaporation et calcination à la lampe, puis à la température du rouge sombre dans un moufle en présence du carbonate d'ammoniaque.

Après trois calcinations, le résidu pesait 1gr,812.

On l'a calciné ensuite, toujours en présence du carbonate d'ammoniaque, deux autres fois au rouge-cerise et une fois au rouge-cerise clair ; après chacune des calcinations, la perte de poids a été insensible à la balance.

De leur poids, et connaissant la proportion de la chaux et de la magnésie, on déduit la soude par différence.

On peut également, comme contrôle des pertes de l'analyse, laver à l'eau bouillante le filtre qui retient le sulfate de baryte et le perchlorate de potasse, et peser séparément ces deux corps.

En opérant ainsi, nous avons trouvé pour les 50 centimètres cubes 0gr,066 de soude, et pour la potasse déduite du perchlorate 0gr,753.

Pour avoir une analyse complète du résidu salin, il faut opérer le dosage de l'acide azotique qui permet, en donnant expérimentalement le dernier terme de la somme des éléments, de juger le degré de confiance qu'on peut accorder aux diverses opérations de l'analyse. La méthode qui nous a paru la plus pratique pour cette estimation est le dosage par le bichromate de potasse indiqué par Persoz, et donné en détail dans le *Traité de chimie analytique* de Henri Rose (*Analyse quantitative,* page 1226). En opérant sur plus de 1 gramme de mélanges connus d'azotates, de sulfates et de chlorures, nous n'avons jamais obtenu pour l'acide azotique une différence atteignant 3 milligrammes entre le résultat de l'analyse et le poids ressortant théoriquement de celui des azotates employés. La différence a, du reste, toujours été en excès.

Ce dosage, effectué sur 50 centimètres cubes de notre liqueur, a donné 0gr,880 pour le poids de l'acide azotique.

Si nous résumons l'analyse de notre résidu salin, nous trouvons :

Quantité de sel contenu dans 50cc	1gr,681
Chlore contenu dans 50cc.	0gr,01365
Acide sulfurique dans 100cc, 0g,0147, dans 50cc.	0gr,00735
Chaux dans 100cc, 0gr.011, dans 50cc	0gr,0055
Magnésie, 100cc,0gr, 0055, dans 50cc	0gr,0028
Soude par différence dans 50cc.	0gr,0166
Acide azotique dans 50cc	0gr,880
Potasse dans 50cc	0gr,753
	1gr,67890

La somme de ces divers éléments doit se rapprocher beaucoup du poids du sel analysé; une forte différence de 15 à 20 milligrammes, par exemple, entre ces deux nombres indiquerait des erreurs ou des pertes, mais leur concordance absolue n'est pas forcée, et même, dans la plupart des cas, elle ne peut pas exister. En effet, nous avons porté le poids des corps à l'état où nous les avons dosés; les bases entre autres ont été pesées et comptées à l'état d'oxyde, tandis que certainement une portion de ces corps est à l'état de métal combiné au chlore que nous portons intégralement d'un autre côté.

Pour faire voir la différence que ces considérations peuvent amener dans l'estimation des résultats, nous allons grouper les éléments selon leurs affinités les plus probables et qui sont généralement admises en pareil cas. Nous porterons l'acide sulfurique combiné avec la potasse; le chlore combiné avec la chaux, la magnésie et la soude, et enfin l'acide azotique combiné avec la potasse et le reste de la soude.

Nous aurons alors comme composition calculée de notre sel :

Sulfate de potasse	0gr,01601
Chlorure de calcium	0gr,01089
Chlorure de magnésium	0gr,00664
Chlorure de sodium.	0gr,00324
Azotate de soude.	0gr,04134
Azotate de potasse	1gr,59709
	1gr,67521

Nous voyons que nous obtenons ainsi un poids encore très-rapproché du poids total du sel, mais différent de celui que nous donnent nos éléments à l'état où nous les avons dosés.

Il faut maintenant passer de cette composition des eaux de concentration à celle du salpêtre primitif; rien n'est plus simple. Nous savons en effet que 1 kilogr. de salpêtre contenait une quantité de chlore correspondante à 0gr,1143 de

chlorure de sodium; or, comme 50 centimètres cubes de notre liqueur contiennent une quantité de chlore équivalente à $0^{gr},0225$ de chorure de sodium, et que toutes les impuretés ont conservé dans les eaux-mères le rapport réciproque qu'elles avaient dans le salpêtre primitif, il suffit de multiplier le poids des corps étrangers contenus dans 50 centimètres cubes d'eaux-mères par le rapport $\frac{1143}{225}$ pour avoir le poids de ces mêmes corps dans le salpêtre primitif.

Nous trouvons ainsi pour 1 kilogr. :

Chlore	$0^{gr},069$
Acide sulfurique	$0^{gr},037$
Chaux	$0^{gr},028$
Magnésie	$0^{gr},014$
Soude	$0^{gr},084$
	$0^{gr},239$

RÉSUMÉ.

Nous venons d'exposer la méthode que nous avons suivie pour faire une analyse complète de salpêtre, mais il est fort rare que, pour les besoins du service, il soit nécessaire de doser ainsi toutes les impuretés.

Dans certains cas, d'abord, pour des salpêtres purifiés par les méthodes employées dans les raffineries, le seul dosage du chlore peut suffire à affirmer la pureté du produit. Ainsi, dans toutes les analyses que nous avons faites, les salpêtres où la proportion du chlore, estimée en chlorure de sodium, restait en dessous de $\frac{1}{10000}$, n'ont jamais accusé $\frac{1}{2000}$ de leur poids pour la somme totale des impuretés. On peut donc pour des salpêtres aussi purs s'en tenir généralement à l'essai par le nitrate d'argent.

Dans le cas où la proportion de chlorure est un peu plus forte, on peut désirer une estimation de la somme des impuretés nuisibles. Alors, en préparant la liqueur concentrée et en y effectuant le dosage de la potasse et de l'ac sulfurique, s'il y en a, comme nous l'avons décrit

comptera le poids de potasse trouvé comme sulfate et azotate; la différence de la somme de ces sels avec le poids du résidu des eaux-mères sur lequel on a opéré donnera la valeur de tous les autres corps, qui sont les seuls déliquescents et par conséquent les seuls à redouter.

Enfin, seulement dans des cas spéciaux, on pourra être amené à doser séparément tous les corps, et ce n'est que dans ces cas fort rares que la méthode que nous avons décrite devra être entièrement employée.

CONCLUSIONS.

L'azotate de soude, qui peut exister dans les salpêtres par conversion, doit être regardé comme y étant aussi nuisible, à poids égal, que le chlorure de sodium. Mais tandis que de faibles traces de chlorures peuvent être mises en évidence et mesurées par un essai, un dosage réel peut seul indiquer d'une façon sûre la présence de l'azotate de soude. Les procédés actuellement connus ne permettant pas d'effectuer ce dosage avec une exactitude relative suffisante, si le salpêtre contient moins de $\frac{1}{100}$ de soude, l'analyse directe était impuissante à reconnaître si des salpêtres raffinés étaient suffisamment purs pour la fabrication de la poudre. Nous avons résolu cette difficulté en constituant une liqueur où les impuretés du salpêtre se trouvent concentrées dans un rapport connu avec les quantités préexistantes dans le sel d'origine et en poids suffisant pour que leur estimation devienne possible par les méthodes ordinairement employées.

Les progrès de la science permettront probablement plus tard d'estimer la soude dans la liqueur concentrée plus facilement que nous n'avons pu le faire; mais, en tout cas, on peut, dès à présent, contrôler la pureté des salpêtres et apprécier, avec toute l'approximation que réclame leur emploi, leur degré de raffinage au point de vue de la soude.

Ce résultat et l'estimation des matières organiques, qui dans certains cas se sont montrées à nous en proportion nuisible, sont les deux points sur lesquels nous avons désiré appeler l'attention et qui nous ont fait penser que la publication de ce travail pouvait être de quelque utilité.

FR. CASTAN,
Chef d'escadron d'artillerie,
Directeur adjoint de la poudrerie du Bouchet.

LA QUESTION

DE

L'ARTILLERIE DE CÔTE

EN ALLEMAGNE.

(Extrait des *Jahresberichte über die Veränderungen und Fortschritte im Militärwesen* von LÖBELL. — Fünfter Jahrgang 1878.)

L'ouvrage du colonel Lœbel, qui paraît chaque année, tient ses lecteurs au courant de tout ce qui a été fait au point de vue militaire en Allemagne pendant l'année écoulée, et résume en même temps les principales modifications apportées pendant le même laps de temps dans toutes les armées du monde entier. Ce recueil fort complet et fort intéressant n'a malheureusement point encore son pareil en France. La *Revue* lui a déjà emprunté un premier article sur les *Manœuvres d'attaque et de défense des places exécutées en* 1878 *par l'artillerie de forteresse allemande* (1). Il s'agit cette fois de la question de l'organisation de l'*artillerie de côte,* question déjà soulevée une première fois en 1873, lors de la séparation de l'artillerie prussienne en deux corps complétement distincts : l'*artillerie de campagne* et l'*artillerie de forteresse* (2).

(*N. de la R.*)

C'est en 1856 qu'il fut question pour la première fois, en Prusse, de la formation de deux compagnies d'artillerie de mer (*See-Artillerie*) destinées à venir en aide à la marine, et devant, en outre, être employées spécialement au service des batteries de côte. Ces compagnies, fortes de 4 officiers et

(1) Voir *Revue d'artillerie,* t. XIV, p. 343, juillet 1879.
(2) Voir *Revue militaire de l'étranger,* troisième volume (janvier-juin 1879), p. 69.

145 hommes, devaient être recrutées dans l'artillerie de terre, les officiers devant y être détachés pour un certain temps, trois ans le plus généralement, et les hommes n'y faire le service que pendant une année.

La première de ces compagnies fut créée à la date du 1er novembre 1857, et la seconde le 1er octobre 1859 ; elles furent placées toutes les deux dans le port de guerre prussien de Dantzig.

En 1866, lors de la prise de possession du port de Kiel par la marine prussienne et de l'établissement du port de Wilhelmshaven, une troisième compagnie fut organisée et placée à Wilhelmshaven, tandis que les deux autres furent transférées de Dantzig dans la forteresse de Friedrichsort, près du port de Kiel. L'ensemble de ces trois compagnies forma alors la division d'artillerie de mer [*See-Artillerie-Abtheilung*] (1) qui fut affectée à la défense des ouvrages des ports de guerre et des côtes, et au transport et manœuvres de force du matériel de l'artillerie sur les chantiers et dans les dépôts de la marine. Le recrutement des officiers resta le même que précédemment, mais les hommes furent recrutés directement.

Après la guerre de 1870-1871, l'armement des côtes de l'Allemagne s'est accru d'une manière considérable, et les moyens de défense ont été installés à nouveau sur de vastes proportions. On reconnut alors l'insuffisance du personnel affecté au service des batteries de côte ; l'expérience de la dernière guerre avait, en outre, démontré qu'en cas de mobilisation générale de l'armée de terre, on ne pouvait songer à lui emprunter des auxiliaires pour assurer le service des côtes. Aussi, en 1872, on proposa de doubler le nombre des compagnies de la division d'artillerie de mer en les portant de 3 à 6. Il ne fut pas donné suite à cette proposition.

(1) En 1873, le cadre réglementaire de cette division comprenait un major commandant, 3 capitaines, 3 premiers lieutenants et 7 seconds lieutenants. En outre, étaient placés à la suite de la division un colonel attaché à l'amirauté, un lieutenant-colonel au dépôt d'artillerie de Kiel, un major et un capitaine aux arsenaux de Kiel et de Wilhemshaven.

On songea ensuite à réunir la division d'artillerie de marine avec la division d'artillerie de forteresse hanovrienne (*Festungs-Abtheilung n°* 10), pour en former un régiment d'artillerie de côte, faisant partie, non pas des troupes de la marine, mais de celles de l'armée de terre.

L'inspecteur général de l'artillerie reprit cette question en mai et juin 1873, lors de la séparation de l'artillerie de campagne et de l'artillerie de forteresse, et signala au roi, comme une question urgente, la création d'une brigade d'artillerie de côte.

Le ministère de la guerre fut contraint d'ajourner la réalisation de ce projet tant que la composition des forces de l'armée de terre n'aurait point été complétement réglée par le Reichstag.

Provisoirement les batteries et ouvrages construits sur les côtes, à l'exception de ceux des deux ports de guerre, seraient occupés, en cas de guerre, par des compagnies d'artillerie de forteresse appartenant aux régiments des provinces côtières qui, depuis 1874, sont exercées(1) spécialement à ce service. Ces régiments sont : le 1er régiment d'artillerie à pied (Prusse occidentale), dont l'état-major et le 2e bataillon sont à Kœnigsberg ; le 1er bataillon à Dantzig (3 de ses compagnies sont encore détachées à Memel). Le 2e régiment (Poméranie), état-major et 1er bataillon à Swinemünde, 2e bataillon à Sonderbourg. Le 9e bataillon (Schleswig) attaché au 2e régiment, l'état-major et 3 compagnies sont cantonnées à Bremerhaven, la quatrième compagnie est à Lehe (2).

En 1877, la division d'artillerie de mer a été supprimée ; les trois compagnies ont été remplacées par deux divisions de matelots artilleurs [*Matrosen-Artillerie-Abtheilung*] (3), à 2 compagnies chaque. Ces quatre nouvelles compagnies, complétement dépendantes de la marine et indépendantes de

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. V, p. 87.
(2) Située à l'embouchure du Weser, rive droite, non loin de Bremerhaven.
(3) Voir *Revue militaire de l'étranger*, n° 442, février 1879, p. 78.

l'armée de terre, sont formées de matelots pris dans la Seewehr et commandées par des officiers de marine; elles sont affectées à la garnison des forts de mer, à la défense des côtes, et servent à assurer la fermeture des ports avec le concours du personnel spécial des torpilles (1). Une de ces divisions est stationnée à Friedrichsort, près de Kiel, et l'autre à Wilhelmshaven.

En cas de guerre, ces quatre compagnies ne pourraient suffire qu'au service et à l'armement des ouvrages dépendant des deux ports de guerre; sur les côtes, le service serait toujours assuré par les 20 compagnies du 1er et du 2e régiment, ainsi que du 9e bataillon à pied.

En 1878, la création d'un corps spécial affecté à la défense des côtes a été reprise à nouveau et un autre projet a été présenté; en voici le résumé :

Depuis que l'on a à peu près complétement achevé l'armement des forts, des places fortes du littoral, ainsi que de celles qui sont situées sur les bords de l'Elbe et du Weser, on a évalué que, pour assurer, en cas de guerre, la défense de tous les ouvrages, un effectif de 5 000 hommes était nécessaire.

Or, depuis 1874, 20 compagnies d'artillerie à pied sont exercées à ce service spécial; chaque année, chacune de ces compagnies a versé dans la réserve 40 hommes; il y a donc actuellement (1879) dans la landwehr, 4 000 hommes instruits qui, en cas de mobilisation, seront parfaitement au courant de ce service.

Il suffirait donc maintenant d'affecter, en temps de paix, 10 à 12 compagnies au service des côtes; ces compagnies pourraient être fournies par le 2e régiment à pied (Poméranie) et le 9e bataillon (Schleswig) que l'on propose de réunir de façon à former un régiment d'artillerie de côte, appartenant à l'armée de terre. Sur pied de paix, ces 12 compagnies, à 115 hommes, formeraient un effectif d'envi

(1) On vient de créer tout récemment un corps d'in' 's cha: service des torpilles, de la surveillance et de l'entre 'y ra

1400 hommes, et, en cas de mobilisation, elles seraient portées à 250 hommes, ce qui donnerait 3000 hommes. On formerait, en outre, 12 compagnies de landwehr à 150 hommes, total 1 800 hommes, ce qui donnerait un total général de 4 800 hommes.

Afin de compléter cet effectif au chiffre de 5000 hommes, on pourrait adjoindre à ces 24 compagnies, en cas de mobilisation, les 2 compagnies de l'artillerie de terre qui sont attachées à la Commission d'expériences et en garnison à Berlin (*Versuchs-Compagnie* et *Lehr-Compagnie*). On renforcerait ainsi l'artillerie de côte de 500 hommes intelligents et parfaitement au courant du service des pièces de gros calibre.

Quant à ce qui concerne l'instruction des hommes et les manœuvres du temps de paix, la question a été étudiée et soumise aux autorités supérieures. Actuellement, on ne peut pas encore savoir tout ce qui a été proposé, mais on connaît, néanmoins, les principes qui ont servi de base à ces études.

Voici d'après quel programme l'instruction de l'artillerie de côte devrait être faite :

Après la manœuvre des pièces lourdes, les hommes seraient exercés à celle des canons de place, de siége et de campagne, ce qui n'offrirait plus pour eux de difficultés et permettrait de les utiliser pour ce service, le cas échéant.

Les officiers eux-mêmes, ayant acquis dans le service des canons de côte les connaissances théoriques nécessaires, pourraient commander facilement la manœuvre des pièces plus légères.

En temps de paix, il serait bon, pour l'instruction des hommes, que le régiment fût disséminé le moins possible et que chaque place qui serait garnison d'artillerie de côte contienne au moins un bataillon. Néanmoins, comme il serait nécessaire que chacun eût d'avance une connaissance approfondie de la position qu'il devrait occuper en temps de guerre, on pourrait, à l'époque des manœuvres et des écoles à feu, envoyer chaque compagnie occuper le poste qui lui serait désigné en cas de mobilisation.

De même que l'instruction des officiers de l'artillerie de terre comprend l'étude des différents buts sur lesquels ils sont appelés à tirer (troupes, matériel, fortifications), de même les officiers de l'artillerie de côte auraient à étudier la construction et l'aménagement des bâtiments de guerre; ils devraient savoir quels sont leurs points vulnérables et quelle résistance ils peuvent opposer à l'ennemi.

Mais où devra-t-on recruter ces officiers ?

La marine ne peut diminuer ses effectifs, et d'ailleurs ses officiers ne sont pas exercés au service des canons de siége et de place. D'autre part, les officiers d'artillerie de terre n'ont pas reçu les notions qu'il est nécessaire d'emprunter à la marine pour bien connaître le service des canons de côte.

L'artillerie de côte devra donc former elle-même ses officiers. Chaque année, elle recevra à cet effet un certain nombre d'aspirants-officiers auxquels elle donnera une instruction spéciale et à qui il sera toujours loisible, en changeant de grade, de passer dans l'artillerie de terre. Cette mesure paraîtra d'autant plus naturelle qu'il est d'usage, pendant les manœuvres et les écoles à feu de l'artillerie de terre, de donner des commandements à quelques officiers des batteries de côte.

Examinons maintenant quelques détails de l'instruction. Tout d'abord, les hommes devraient savoir tirer contre un but mobile, soit quand la direction de sa marche coupe la ligne de tir, soit quand le but se meut sur la ligne qui le joint à la pièce.

Il serait nécessaire, vu le peu de temps dont on dispose pour l'instruction, que la méthode fût simple et unique.

Il faudrait en outre que la mesure des distances pût être faite avec rapidité et précision.

Pour arriver à un pointage rapide, il serait bon de faire usage de deux graduations indépendantes, l'une pour la direction, l'autre pour l'angle de tir, le chef de pièce s'oc-

cupant de la première pendant que l'officier ferait donner la hausse.

Depuis deux ans, il a été plus d'une fois question d'adopter pour l'artillerie de côte des mortiers et des obusiers (1). Ces bouches à feu peuvent, en effet, être utilisées de la façon suivante : Lorsqu'un navire est trop éloigné pour que les projectiles dont on dispose puissent traverser sa cuirasse, on tirera sur le pont au moyen de mortiers ou d'obusiers qui pourront alors occasionner des dégâts considérables (2).

Quant à la répartition du service dans les batteries de côte, elle serait fixée par un règlement et chaque homme saurait s'il doit être employé soit dans la batterie même ou au dépôt des munitions, soit au télégraphe ou à la mesure des distances.

Il reste encore bien des améliorations à introduire dans le service des côtes au sujet des transports, qui se font encore aujourd'hui sur des chariots massifs, et aussi des manœuvres de force qui sont exécutées à bras d'hommes, ce qui n'est pas sans danger.

On peut enfin faire cette remarque, que toutes les pièces de côte installées sur les bords de la Baltique tirent à ciel ouvert, par-dessus des parapets de 9 à 11 mètres d'épaisseur.

Cette disposition est, à la vérité, fort commode pour le commandant de la batterie, qui a sous les yeux tout son personnel à la fois ; cependant, pièces et hommes sont fort exposés, et il est à souhaiter qu'on en vienne à l'emploi des batteries cuirassées à embrasures minima.

---

(1) Un mortier de côte de 28c est actuellement en expérience.

(2) Ce fait a pu être constaté dans la dernière guerre turco-russe. Le *Lifti-Djelil*, vaisseau turc dont la cuirasse était épaisse de 157 millimètres, avait reçu une trentaine de projectiles de 15c sans être sérieusement endommagé. Un obusier russe, situé à 3000 mètres, lui lança un obus de 21c qui atteignit le pont du navire et, passant par la tourelle, éclata dans la soute aux poudres, causant ainsi la perte du navire cuirassé et des 200 hommes qu'il portait.

L'ARTILLERIE DE CAMPAGNE

PENDANT LA GUERRE DE 1877-1878

(Extrait du Journal d'artillerie russe.)

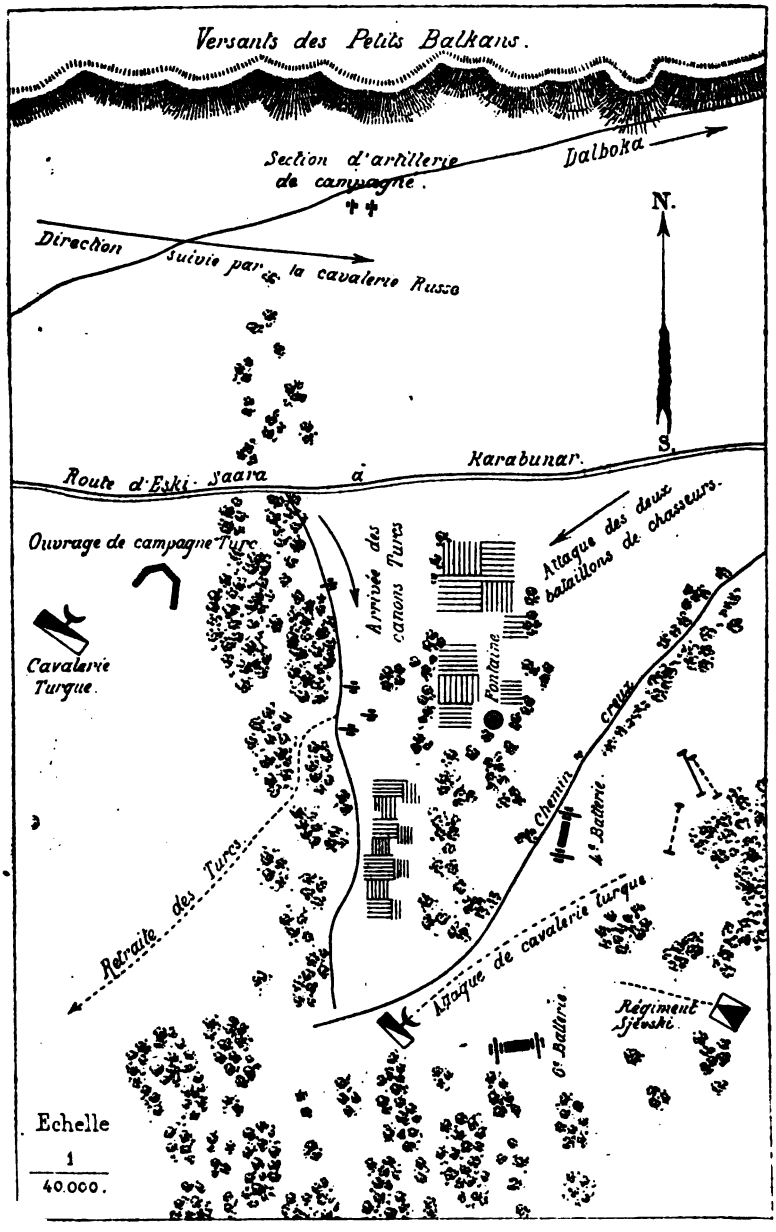
[*Fin*] (1).

Le 18 juillet, à 4 heures et demie de l'après-midi, le détachement quitta Jeni-Saara et s'engagea vers l'ouest sur la grande route de Karabunar à Eski-Saara, ce qui le conduisit, vers 9 heures, tout près du village de Karabunar, qui finissait de brûler. Le détachement campa tout près de ce village, dans un endroit où les cultures étaient encore sur pied.

Le 19, à 4 heures du matin, le détachement se remit en marche dans la même direction que la veille et fit halte pour se reposer après un parcours de quelques verstes.

Je crois indispensable de placer ici quelques mots sur la configuration du terrain environnant et sur son aspect général. (*Voir la carte.*) La chaussée de Karabunar à Eski-Saara s'étend de l'est à l'ouest, parallèlement aux crêtes des petits Balkans. Les coteaux de ces montagnes sont situés à 2 ou 3 verstes (2 133 à 3 200 mètres) au nord de la route ; ils sont en partie boisés et partie couverts de vignes et de jardins. Entre le pied des coteaux et la chaussée, se trouvent des champs de blé, d'avoine, d'orge, de maïs dont une partie était déjà moissonnée et le reste encore sur pied. Çà et là, des vignes et des broussailles de hauteur variable. Au sud de la route, s'étend la vallée de Maritza, couverte de champs séparés les uns des autres par quelques touffes de broussailles et quelques parcelles de bois.

(1) Voir *Revue d'artillerie*, tome XV, novembre 1879, page 149.


Versants des Petits Balkans.
Section d'artillerie de campagne.
Dalboka
N.
Direction suivie par la cavalerie Russe
S.
Karabunar.
Route d'Eski-Saara à
Ouvrage de campagne Turc
Arrivée des canons Turcs
Attaque des deux bataillons de chasseurs.
Cavalerie Turque.
Fontaine
Chemin creux
4e Batterie
Retraite des Turcs.
Attaque de cavalerie turque
Régiment Sjéoshi.
6e Batterie
Echelle
1
40.000.

A quelques verstes de Karabunar et sur la route que nous suivions, se trouve un bois assez épais et qui commence presque à la route même. Vers le sud, ce bois s'éclaircit et devient moins élevé. Au nord, entre le bois et la montagne, on voit des vignes, des champs et quelques arbres isolés. La pente générale du terrain est dirigée vers le sud.

Notre détachement avait dû prolonger la halte dont nous avons parlé plus haut, jusqu'à l'arrivée de la 4e brigade de chasseurs, qui venait de Jeni-Saara. Dès que la jonction fut opérée, nous nous mîmes en marche, et à 8 heures nous entendions devant nous une vive canonnade.

Nous étions encore à 5 ou 6 verstes (5330 ou 6400 mètres) du grand bois, sur la lisière nord-est duquel nous apercevions les nuages de fumée de 4 pièces ennemies, auxquelles répondaient, à une distance de 1900 à 2000 mètres, 2 canons de notre artillerie à cheval qui tiraient à shrapnels. Ces projectiles éclataient trop haut et ne touchèrent point les Turcs. Nos hommes suivaient ce combat avec une attention très-vive, et exprimaient tous ensemble leur contentement chaque fois qu'ils voyaient tirer une des pièces de notre section à cheval, mais le feu de ces canons était assez lent et cessa bientôt complétement.

« Eh ! mais, pourquoi cessons-nous de tirer ? » dirent nos soldats avec désappointement. C'était apparemment parce que la section à cheval avait amené les avant-trains. Mais cinq minutes après, nous apercûmes de nouveau le nuage de fumée de nos pièces, et cette fois, nous voyions les projectiles éclater à bonne hauteur, ce qui enchantait nos canonniers.

Il était juste 8 heures lorsque nous passâmes de l'ordre de marche en colonne à la formation dans l'ordre de combat.

Ma batterie marchait à gauche de la route [illegible] au sud-ouest, vers un petit bouquet [illegible] 2000 mètres environ du point où l'or

canons turcs. Elle reçut l'ordre de franchir ce bouquet de bois et de chercher une position d'où l'on pût voir les pièces ennemies autant qu'il était possible.

Pourquoi était-il nécessaire de franchir ce fourré? Je ne pus vraiment pas le comprendre, et on aurait dû faire cette réflexion avant de nous laisser pénétrer dans le bois. Quoi qu'il en soit, la batterie s'avançait, au pas, dans la direction indiquée.

Mais un officier qui passait par là aperçut la batterie et fit observer qu'il serait impossible de traverser ce bouquet de bois, en avant duquel ne se trouvait d'ailleurs aucun emplacement convenable pour prendre position. Il n'y avait plus qu'à rebrousser chemin; on fit demi-tour et on contourna le bois pour aller se placer à 1 kilomètre en avant dans un champ dont la récolte était déjà en meules. Autour de la batterie, le terrain était masqué par des broussailles et des champs de maïs, de telle sorte qu'on ne voyait au-dessus de ces derniers que la lisière du grand bois, et encore les broussailles cachaient-elles la moitié inférieure des arbres.

Soit que l'ennemi n'ait pas aperçu ce mouvement, soit que la forme même du terrain l'eût empêché de tirer, nous ne reçûmes pendant tout ce temps aucun projectile.

Quand la batterie fut établie à la position choisie, il ne fut pas difficile de se convaincre qu'à cette place le champ de tir était trop restreint. Peut-être eût-il été possible de battre la lisière du bois dans la direction des nuages de fumée ennemis, mais, à une distance de 2 000 mètres environ, et sur un terrain aussi coupé, l'observation des coups eût été difficile et le résultat douteux; dès lors, le tir eût été peu efficace. C'est pour cette raison que l'on fit avancer les pièces encore d'une centaine de mètres en obliquant vers la gauche; on mit alors en batterie et l'on commença le tir avec des obus ordinaires.

L'ennemi répondit aussitôt et, vers son aile droite, nous vîmes apparaître deux nouveaux nuages de fumée.

Les coups qui nous étaient adressés étaient un peu longs et venaient se grouper à droite de la batterie.

Tant que nous fûmes sur cette position, le tir de l'artillerie turque sur nos pièces fut très-mauvais, ce qui, du reste, est bien compréhensible. En effet, malgré la puissance d'éclatement de nos obus, relativement supérieure à celle des projectiles turcs de 2 $\frac{1}{2}$ pouces ($6^c,2$), il nous était fort difficile d'observer nos coups ; cette difficulté était donc plus grande encore pour l'ennemi, dont les projectiles, arrivant sous un angle de chute considérable, s'enfonçaient dans le sol et y éclataient sans produire de fumée qui pût lui servir d'indice.

Sur un terrain découvert, et même à une grande distance, les Turcs tiraient très-bien et très-rapidement. C'est ainsi qu'un groupe de cavaliers formé par le général Gourko et son état-major, passant à cheval sur la chaussée, à 3 ou 4 kilomètres de l'ennemi, faillit être atteint par deux projectiles, dont l'un fut de 50 à 60 mètres court, et l'autre long de la même quantité.

Sur ces entrefaites, nous aperçûmes, en avant et vers la gauche, une troupe de cavalerie ennemie. Ce fait détermina la batterie à se mettre sur ses gardes, d'autant plus qu'à ce moment, nous ne voyions pas l'infanterie qui devait nous soutenir et que notre front se trouvait à portée du feu de mousqueterie de l'ennemi.

La cavalerie turque s'avançait vers notre flanc gauche; aussi, après avoir tiré quelques obus ordinaires, on commanda le feu à mitraille pour la 2e demi-batterie. On exécutait ponctuellement cet ordre lorsque la 1re demi-batterie reçut un shrapnel qui éclata à bonne hauteur mais derrière nous. Les cavaliers ennemis s'avançaient toujours, mais notre batterie les reçut par un feu tellement vif qu'elle les força à rebrousser chemin et à se réfugier dans le bois.

Cette apparition inattendue des cavaliers ennemis avait [illegible] que nos servants avaient conservé jusque-

là. On pouvait, en effet, craindre à chaque instant une nouvelle attaque venant d'une direction quelconque, ce qui empêchait notre batterie d'engager le combat avec l'artillerie ennemie. De plus, nous ne savions pas de quel côté l'infanterie ennemie pouvait tirer sur nous. La batterie sentait évidemment sa position critique.

Après avoir vu les nuages de fumée des canons ennemis passer de notre aile gauche à notre aile droite, après avoir essuyé le feu de l'infanterie, après avoir repoussé l'attaque de la cavalerie, nous pensâmes que nous nous trouvions au centre de la position que l'ennemi attaquait.

Jugeant possible une nouvelle attaque de la cavalerie, notre batterie exécuta un changement de front en refusant son aile gauche; à ce moment, le général Gourko informa le colonel Wulfert que notre batterie restait sans soutien. Ce dernier s'assura du fait et prit immédiatement des mesures pour nous mettre hors de danger. La batterie amena les avant-trains et se porta en avant au trot.

La disparition de notre soutien s'expliqua lorsque nous sûmes que l'infanterie avait contourné le bouquet de bois par la gauche, tandis que nous avions suivi la lisière de droite, pour abréger notre chemin, ce qui nous avait permis d'arriver en position avant l'infanterie.

Le nouvel emplacement que nous venions de choisir était plus avantageux que le précédent, car il nous permettait de découvrir toute la lisière du grand bois à bonne portée pour le tir à shrapnels. En avant et vers la droite, nous apercevions une fontaine au delà de laquelle se trouvait un espace découvert.

Dans cette direction, nous avions un champ de tir convenable et nous nous empressâmes d'en profiter, d'autant plus que nous voyions de ce côté les nuages du feu de l'infanterie ennemie. Au contraire, à droite et à gauche, le terrain était tellement masqué, qu'on pouvait sans être vu s'approcher jusqu'à 150 pas de la batterie.

Un officier d'ordonnance du général Gourko arriva vers

nous, et transmit l'ordre de diriger le feu sur des masses d'infanterie qui longeaient la lisière du bois.

Comme je l'ai déjà fait remarquer, la batterie ne voyait pas la lisière même du bois, la partie inférieure des arbres lui était cachée, et nous ne pouvions pas, par conséquent, apercevoir ces masses d'infanterie. Nous nous avançâmes alors avec rapidité jusque vers un chemin creux qui partait de la chaussée de Karabunar à Eski-Saara, vers notre aile droite, et allait rejoindre l'aile droite des Turcs; c'était plutôt un ravin qu'une route, il avait, à l'endroit où nous le voyions, 6 à 7 pieds ($1^m,80$ à $2^m,10$) de large, $3\,^1/_2$ pieds ($1^m,05$) de profondeur et les talus en étaient très-raides.

Nous commençâmes immédiatement le tir à shrapnels sur la lisière du bois, mais, bien entendu, sans pouvoir juger du résultat.

Du côté de l'ennemi, deux nouvelles pièces s'ajoutèrent à celles qui tiraient exclusivement sur notre batterie ; les nuages de fumée nous permirent d'en compter jusqu'à huit. Le feu que l'infanterie dirigeait sur notre front, devenait de plus en plus violent. Nos conducteurs mirent pied à terre pour diminuer les dimensions du but offert à l'ennemi et éviter les pertes inutiles.

C'est alors que la 6e batterie, envoyée de la réserve, prit position à 500 ou 600 sagènes (1 066 à 1 278 mètres) de notre aile gauche, son front faisant avec le nôtre un angle de 100 degrés environ. A ce moment, un shrapnel éclata au-dessus de nos têtes, mais trop haut pour nous causer aucun dommage. Le feu de l'infanterie, au contraire, était si violent qu'il fallait à chaque instant faire enlever un de nos canonniers blessé ou mort.

La hausse et la graduation des fusées furent diminuées.

Bientôt apparurent à 25 pas de notre pièce de gauche, et comme s'ils sortaient de terre, quelques fantassins du régiment Sjewski ; comment étaient-ils venus, était-ce une chaîne de tirailleurs, était-ce nos soutiens, nous ne l'avons

jamais su. Du côté de l'aile droite, se trouvait une faible ligne de tirailleurs du régiment Elencki.

Tout à coup, l'artificier de la 4e pièce qui était à cheval se mit à crier : Les Turcs ! les Turcs ! là tout près! et, se levant sur ses étriers, il indiquait du doigt le champ de maïs. Le doute n'était plus possible, et à 300 pas de la batterie, nous voyions les fez rouges apparaître au milieu des épis de maïs.

Le moment était critique.

Je commandai aussitôt : « Boîtes à mitraille ! » et à peine les pièces étaient-elles prêtes à tirer, à peine nos fantassins avaient-ils eu le temps de charger leurs armes que nous entendions siffler tout autour de nous une grêle de balles.

« 5e pièce ! 1re pièce ! 8e pièce ! Feu ! » commandent aussitôt les chefs de section, et 3 de nos canons envoient ensemble une salve de mitraille à l'ennemi ; les autres pièces tirent successivement et la mitraille tombe au milieu des Turcs. Nos servants se gardent bien d'attendre que les pièces soient remises en batterie pour charger de nouveau, tout le monde se dépêche, chacun pousse son voisin pour aller plus vite, et malgré l'activité fébrile de tous nos braves canonniers, il semble qu'un siècle s'écoule entre chaque coup et le suivant.

Et pendant ce temps, les balles passaient en sifflant tout autour de nous, frappant le sol, nos servants, nos chevaux, nos pièces ; les cris des malheureux blessés auxquels personne ne faisait plus attention, n'étaient interrompus que par le commandement bref de Feu ! le fracas des shrapnels éclatant au-dessus de nos têtes, le ronflement des obus, la fumée de nos pièces qui noircissait le visage inondé de sueur des servants, tout cela se présentait à la fois devant mes yeux, et restera pour moi le tableau vivant de la guerre.

C'était le moment du plus puissant effort des Turcs sur notre centre, de l'attaque la plus furieuse et la plus éner-

gique, dont le rapport officiel ait parlé à propos de cette journée.

Une épaisse fumée enveloppait la batterie ; la provision de boîtes à mitrailles tirait à sa fin, un moment de grande crise était proche....

Près des avant-trains, un autre tableau serrait douloureusement le cœur. Les chevaux tombaient sous les balles de l'ennemi, mais pas un cri, pas un soupir de ces nobles animaux toujours soumis à la volonté de l'homme. On n'entendait de temps en temps que les conducteurs criant à demi-voix en s'occupant de dételer ou de couper les traits, au milieu d'un désordre extraordinaire. Un conducteur dont le cheval s'était affaissé en l'entraînant dans sa chute, cherchait à se dégager..... mais en vain. — C'étaient des cris et des clameurs continuels.... « Un tel est blessé, tel autre également, celui-là de même..... — Faites venir les hommes de la réserve. — Où sont les hommes de la réserve? — Je crois qu'il n'y a plus de boîtes à mitraille, voici la dernière..... »

Ce dernier cri nous fit une impression terrible. Après ces efforts surhumains, la batterie avait visiblement perdu une partie de ses forces et la crainte de voir enlever nos pièces passa comme un éclair dans l'esprit de chacun.

Il fallait un grand sang-froid et beaucoup d'empire sur soi-même pour ne pas perdre la tête au milieu d'une telle agitation, et bien plus encore pour rassurer et encourager les hommes, pour leur rendre le calme et la présence d'esprit.

La 2e demi-batterie reçut l'ordre de se retirer à une centaine de mètres en arrière et d'ouvrir immédiatement un feu continu à shrapnels. La 1re demi-batterie conservait les dernières boîtes à mitrailles pour l'instant très-proche où les Turcs allaient se précipiter en jetant des cris sur nos pièces.

A ce moment critique, nous poussâmes un soupir de soulagement en voyant nos chasseurs apparaître sur notre

aile droite pour attaquer le flanc gauche de l'ennemi..... L'attaque intrépide du 13e et du 15e bataillon de la 4e brigade de chasseurs délivra bientôt la batterie et décida de l'issue de la bataille.

Les deux demi-batteries se réunirent alors, laissant en arrière la 4e pièce, à laquelle il ne restait plus que deux chevaux dont l'un était blessé. Un officier, dont le cheval avait aussi reçu des blessures graves, resta près de cette pièce pour en assurer le transport. Les coups de fusils devinrent plus rares, et bientôt on ne vit plus de Turcs dans les champs de maïs.

Nous entendîmes alors un grand hurrah, et nous suspendîmes le tir pour ne pas atteindre nos propres troupes.

A ce moment, arriva un officier d'ordonnance: « Qu'est-ce qu'il y a? pourquoi cesse-t-on le feu? » — Puis vint l'aide de camp du commandant de l'état-major : « Portez la batterie en avant. Marchez, marchez vite. »

— « Mon capitaine, dit alors l'officier commandant l'une des demi-batteries, voulez-vous que je fasse un temps de galop pour reconnaître le terrain ; ce chemin creux nous empêche de marcher droit devant nous? — Allez. »

A ce moment, une balle atteignit le cheval de cet officier qui, roulant avec sa monture, tomba sur la tête.

« Êtes-vous blessé? dit le capitaine.—Non, je vais monter le cheval de cet artificier, qui vient de mettre pied à terre pour me l'offrir. » — Et il partit au galop.

Pendant ce temps, les chevaux furent répartis dans la batterie de manière à atteler les pièces à quatre, autant que possible. L'officier qui avait reconnu le terrain reparut alors et fit un signe avec la main en criant : « Tournez à gauche, au trot ! »

La batterie fit une centaine de mètres le long du chemin creux pour trouver un passage. Nous n'avions plus à craindre les Turcs, qui s'étaient enfuis vers le bois, nous laissant une grande quantité de pain et de diverses provisions de bouche, dont nous ne pouvions malheureusement

pas faire usage. La fusillade avait cessé presque complétement; la batterie s'avança vers la droite, côtoyant la lisière du bois sur laquelle elle avait tiré d'abord, et, arrivée à la grande route, tourna vers l'ouest dans la direction de Dzuranli.

Pendant cette marche, nous eûmes l'occasion de nous convaincre que, malgré les conditions défavorables dans lesquelles nous nous étions trouvés, notre tir à shrapnels avait eu des résultats sérieux. Nous en pouvions juger par le nombre de cadavres d'hommes et de chevaux et par l'état des arbres que nous avions atteints.

Notre batterie pouvait, en outre, se rendre cette justice de n'avoir pas perdu contenance malgré l'attaque imprévue des Turcs, malgré le feu meurtrier qui, à chaque instant, faisait de nouvelles victimes, et d'avoir poussé son opiniâtre résistance jusqu'au moment où le danger put être éloigné. Cette conduite est assez méritoire pour qu'on puisse ne pas la passer sous silence.

Arrivés près de Dzuranli, nous prîmes position en prévision d'une nouvelle attaque. Nous pouvions voir l'ennemi devant nous à 3 200 mètres environ, sur les hauteurs d'Eski-Saara. Derrière lui s'élevaient d'immenses tourbillons de fumée : Eski-Saara était entouré de flammes.

Selon quelques artilleurs, la portée des fusils d'infanterie aurait complétement changé notre tactique en forcant l'artillerie à combattre de loin; dès lors la boîte à mitraille serait devenue un engin inutile. On voit cependant qu'une batterie de 4 livres a combattu pendant plusieurs minutes à 200 ou 300 pas contre l'infanterie ennemie, l'a tenue à distance, a sauvé ses pièces et est arrivée, en épuisant presque toutes ses boîtes à mitraille, à soutenir la lutte sans éprouver de trop fortes pertes[1].

Et ce fait ne saurait être regardé comme une exception, il devra se présenter quelquefois dans la guerre de cam-

[1] Les pertes de la batterie s'élevaient, tant en morts que blessés, à 13 hommes, soit 13 pour 100, et 25 chevaux, soit 33 pour 100.

pagne; on n'aura que trop souvent à redouter les cas semblables dans les positions défensives.

Pendant une marche offensive, au contraire, on aura moins à craindre, car on peut admettre que généralement la batterie ne s'avancera pas sans que le terrain soit éclairé.

Je ne saurais dire exactement si, dans le combat dont il vient d'être question, le terrain avait été reconnu à l'avance (toutefois le temps n'avait pas manqué pour cela); cependant, après l'action, je pus me convaincre, en traversant le champ de bataille, qu'on pouvait choisir, en outre de celle que nous avions prise, un grand nombre de positions favorables; mais il est difficile de discerner exactement, lorsqu'on ne connaît pas le plan général du combat, pourquoi la batterie a dû être placée de telle manière plutôt que de telle autre.

Parmi les conditions auxquelles doit satisfaire une position bien choisie, il en est une indispensable : c'est d'avoir un champ de tir suffisant. Le tir de la batterie sur la fumée des pièces ennemies n'est justifiable que si elle n'a point d'autre but à battre devant elle et si elle est forcée de demeurer sur la position qu'elle occupe.

Dans un combat offensif (comme celui que nous avons décrit), il me semble qu'il n'est pas indispensable d'immobiliser la batterie sur un point déterminé, alors que pendant le combat même s'offrent de nouvelles positions plus favorables pour inquiéter l'ennemi.

Une batterie commet une faute lorsqu'elle prend position dans le but exclusif de forcer l'ennemi à démasquer ses forces, et qu'elle pointe sur des nuages de fumée sans pouvoir rectifier son tir.

Généralement, on ne devra pas prendre pour garder une batterie une chaîne de tirailleurs qui, grâce aux accidents de terrain, pourra s'approcher jusqu'à 200 ou 300 pas de l'ennemi et s'élancer sur lui.

De même que l'artillerie doit éviter d'ouvrir le feu de

trop loin, de même il ne faut pas, à moins de nécessité absolue, qu'elle s'approche à moins de 400 pas de l'ennemi.

On ne saurait donner de règle générale pour fixer la distance à laquelle on doit prendre position ; les circonstances peuvent être si diverses, si variables, que les meilleurs conseils à suivre sont, comme le dit M. J. Dragomirow, ceux du bon sens et de l'expérience.

Ici, je dirai quelques mots au sujet de l'importante question du service de sécurité d'une batterie, et je commencerai par faire une citation de l'archiduc Jean :

« Si l'ennemi s'élance sur la batterie, celle-ci peut compter pour se défendre sur le feu des armes portatives et de ses boîtes à mitraille. Elle doit, lorsqu'il est possible, lancer les troupes qui la soutiennent de manière à prendre l'ennemi en flanc. Si le feu reste sans effet et que la batterie soit forcée d'abandonner enfin la place, il faut, pour ne pas laisser tomber le matériel aux mains de l'ennemi, que les troupes de soutien déploient toute l'énergie, tout le courage dont elles sont capables, pour faire entièrement leur devoir, c'est-à-dire pour couvrir la mise des pièces sur avant-train et la retraite de la batterie. Dans certains cas, elles devront recevoir l'ennemi à la baïonnette, quelle que soit la force de ce dernier, pour s'opposer à son passage, ou bien elles ouvriront sur lui un feu rapide. Ces troupes de soutien ne doivent opérer leur retraite que si elles savent la batterie hors de portée des fusils ou couverte par les accidents du terrain. C'est seulement en se sacrifiant d'une façon absolue qu'elles auront fait tout leur devoir.

« Si pendant la retraite les pièces s'arrêtent, les troupes de soutien doivent se porter immédiatement vers l'aile la plus menacée. »

A mon avis, le soutien d'une batterie doit, pendant les marches, être placé en avant des voitures, en dehors de la colonne et à une place correspondant à celle qu'il prendra dans l'ordre de bataille. Dès le commencement de l'action

jusqu'à la fin du combat, ce soutien doit obéir en tout au commandant de la batterie ou à son remplaçant, quel que soit le grade de ce dernier. Le commandant de la batterie doit savoir de combien d'hommes se compose le soutien, et qui les commande. Pendant la durée du combat, personne ne doit prendre le droit de remplacer par d'autres ces troupes de soutien. Le commandant en chef de l'artillerie, qui a doté la batterie d'un soutien, peut seul l'augmenter ou l'affaiblir.

Ce sont là des conditions que je crois indispensables.

Le lecteur pourrait penser que je vais apporter un tribut de reconnaissance au projectile (la boîte à mitraille) qui nous a sauvés dans un moment bien critique. Au contraire, j'ai toujours été et je reste d'avis que la boîte à mitraille doit être supprimée dans l'artillerie de campagne; nous n'en avons plus besoin. Chacun sait, en effet, que la graduation inférieure des shrapnels (7/8 de seconde) correspond à une distance de 300 pas environ, et cette graduation sera diminuée encore jusqu'à 1/2 seconde. Dans ces conditions, le shrapnel donne, par son éclatement et par l'effet moral qu'il produit, des résultats bien supérieurs à ceux de la boîte à mitraille, ainsi que j'ai pu m'en assurer moi-même au combat d'Elena que je raconterai plus tard.

Je terminerai cette digression en demandant la suppression du sabre dans l'artillerie. Pour le combat, une arme blanche est inutile aux artilleurs ; j'ai eu suffisamment l'occasion de m'en convaincre pendant cette dernière guerre. Le sabre est un fardeau nuisible, il blesse souvent l'homme qui descend de cheval sans y prendre garde, il se détériore forcément et sans profit; en outre, il abîme les effets du soldat.

Demandez à un artilleur quelconque s'il s'est jamais servi de son sabre, ou s'il a jamais vu un de ses camarades s'en servir. Et cependant il est des moments où nous avons été assaillis à l'improviste par l'ennemi, et où l'on aurait pu tirer le sabre si l'on en avait senti l'utilité.

On pourrait en tout cas, si l'on ne veut pas priver com-

plétement nos artilleurs d'une arme blanche, leur donner une arme analogue à celle des marins, qui aurait au moins l'avantage de servir d'instrument tranchant au bivouac et dont on pourrait faire usage dans les cas extraordinaires comme arme défensive. Notre sabre, avec son fourreau d'acier, a un grand nombre d'inconvénients : il s'émousse, le fourreau se rouille et se brise, la garde est bientôt démolie, le sabre qui pend frappe les jambes du cheval et l'excite, il se cogne avec bruit à tous les objets, alors qu'on réclame le silence, etc., etc., etc.

Le combat de Dzuranli prit fin à trois heures de l'après-midi. Le détachement, après avoir traversé les positions abandonnées par les Turcs, se concentra derrière le bois et attendit des ordres. La batterie se mit en colonne sur la route de Dzuranli.

Tourmenté par une soif insupportable, je poussai une pointe vers une fontaine autour de laquelle on voyait quelques fantassins qui puisaient de l'eau dans leurs bidons. La batterie s'avança jusqu'à 70 pas de la fontaine, et j'appelai un artificier, lui disant de désigner deux hommes pour descendre avec des seaux d'abreuvoir et distribuer de l'eau aux canonniers.

En jetant un coup d'œil autour de moi, je pus me rendre compte que cette fontaine était celle que nous avions remarquée précédemment, lorsque nous tirions à shrapnels contre les Turcs, et qui nous avait servi à corriger notre tir. Elle se trouvait au centre de la position ennemie ; par rapport à nous, elle était un peu vers la droite. D'après tout cela, je vis clairement que nous n'occupions pas le centre de nos troupes, mais que nous avions été placés vers la gauche. La 6e batterie se trouvait plus à gauche encore et occupait une position qui lui donnait un champ de tir beaucoup plus avantageux que le nôtre.

Autour de la fontaine gisaient les corps de quelques soldats russes, et, à 300 pas plus loin, dans la direction du bois, je trouvai un monceau de cadavres turcs.

En revenant vers la batterie, j'aperçus de petits monticules formés par des gerbes de blé entassées par couches et derrière lesquels on avait creusé des trous en rejetant la terre vers les gerbes. Il était évident que les Turcs comptaient sur une attaque en cet endroit, et ce qui confirme cette idée, c'est que l'on pouvait remarquer un certain nombre d'observatoires installés sur les arbres de la lisière. Sur quelques-uns de ces observatoires improvisés, on voyait encore des soldats turcs tués, la tête affaissée sur la poitrine.

Après avoir passé le bois j'aperçus un ouvrage de campagne que les Turcs avaient élevé pour renforcer leur aile gauche. C'était une lunette d'un profil assez faible, mais suffisant toutefois pour protéger contre le feu d'infanterie. Lorsque j'y pénétrai, je fus étonné de la quantité de cadavres qui jonchaient un espace aussi restreint. Quelques-uns avaient été atteints par les projectiles de la batterie à cheval qui se trouvait sur notre aile droite et qui, vraisemblablement, avait pris comme but l'ouvrage de campagne qu'elle avait devant elle. Nous ne pouvions voir cette lunette de la position que notre batterie occupait pendant le combat, car elle nous était cachée par le bois.

Lorsque j'eus examiné cet ouvrage aussi bien que je pus le faire en quelques minutes, je retournai vers la batterie qui marchait dans la direction de Dzuranli. Les régiments qui avaient été lancés à la poursuite de l'ennemi se reformaient, les chasseurs n'étaient pas encore là. L'infanterie se rassemblait tant bien que mal sur les chemins, la cavalerie se tenait près de la colline qui est en arrière du village et sur laquelle on pouvait apercevoir l'ennemi. Nos deux batteries s'étaient arrêtées en colonne de route, et l'on était occupé, pour le moment, à vérifier les contrôles des hommes, des chevaux et des munitions [1]. En dehors des pertes que nous avons déjà signalées, la batterie avait

[1] Dans le combat de Dzuranli, la 4e batterie de la 9e brigade avait tiré 510 projectiles, dont 50 boîtes à mitraille, 180 obus ordinaires et 300 shrapnels.

encore 3 hommes et 10 chevaux légèrement blessés. Quelques-uns des coffres d'avant-train des caissons avaient été traversés par les balles ennemies ; un grand nombre de rais et de jantes étaient brisés. Une balle était venue frapper le coin de fermeture d'une pièce pendant qu'on l'ouvrait pour charger, et avait blessé légèrement la main du canonnier qui faisait cette manœuvre. Dans une autre pièce, on reconnut que la plaque antérieure du coin et l'anneau obturateur étaient hors de service ; plus tard, cette bouche à feu fut remplacée par une pièce neuve.

La 3e pièce de la batterie n'était pas là pendant que nous opérions ce contrôle, elle était restée en arrière avec un caisson. Ce contre-temps m'inquiétait fort ainsi que le commandant de la batterie. Ce dernier envoya, vers la position que nous venions de quitter, deux attelages avec deux artificiers pour ramener la pièce. Cependant on devait n'avoir rien à craindre, puisque l'on avait laissé un adjudant (*feldwebel*) près de la pièce pour veiller à ce que tout se fît bien et rapidement.

On ne peut reprocher à un officier de ne pas rester en arrière parce qu'un de ses canons ne peut plus avancer et suivre le mouvement de la batterie. Ce n'est pas là sa place, et ce sont des chevaux qui sont surtout nécessaires. On avait presque entièrement vidé les coffres, ce n'était donc pas la peine de laisser auprès d'eux un officier de la batterie même. J'y envoyai cependant l'officier du train ; cela ne lui était pas très-agréable, mais il ne m'était pas facile de faire un autre choix, car la présence d'un officier peut être nécessaire dans certains cas ; si, par exemple, les attelages ne pouvaient parvenir à démarrer la pièce, cet officier aurait le droit de requérir des soldats quelconques pour la tirer jusqu'à la route.

Sur ces entrefaites, nous marchions pour prendre position en face de la ville d'Eski-Saara, qui brûlait encore ; l'ennemi occupait la crête des hauteurs qui étaient devant nous et s'y fortifiait, ce qui était à prévoir. Je ne savais

pas encore, à ce moment, si nous devions nous porter plus avant ou si nous devions tirer du point où la batterie se trouvait (la distance était de 3 200 mètres), ou encore si nous devions bivouaquer dans le voisinage. En tout cas, pour ne pas perdre mon temps, je fis laver les pièces. Quelle ne fut pas ma surprise et ma mauvaise humeur lorsque je vis que deux canons étaient encore chargés avec des shrapnels armés de fusées à temps. Que faire? Je fis retirer la gargousse et j'essayai de faire dégager le projectile, mais en vain.

A la suite d'un tir aussi vif, surtout avec des boîtes à mitraille, et après lequel les pièces n'avaient pas été lavées, la chambre était tellement remplie de crasses que tous les efforts qu'on fit avec l'écouvillon pour décharger furent inutiles. Nous déplorions cet accident, d'autant plus que nous étions trop pauvres en munitions pour nous résigner à perdre des projectiles et surtout des shrapnels.

A ce moment, nous reçûmes l'ordre de nous porter vers le nord-est pour prendre une nouvelle position.

Croyant bien que nous ne changions de place que pour bivouaquer, je me résignai à laisser ces projectiles dans les pièces et j'espérais pouvoir les retirer en arrivant au bivouac. Nous étions habitués à n'avoir aucune crainte des shrapnels; je n'ai jamais vu d'accident dû aux manipulations de ce genre de projectile, et je suis bien convaincu qu'on peut le laisser dans les pièces et marcher à une allure quelconque sans en avoir rien à craindre. Il faut un choc très-considérable pour briser la goupille du percuteur.

Pour extraire de la chambre un projectile qui y adhère fortement, on peut employer le moyen suivant : verser de l'eau chaude dans la chambre et attendre quelques minutes; l'obus peut alors être retiré avec quelques coups de refouloir. Mais il faut, pour faire cette opération, avoir du temps devant soi, et l'on doit, après l'avoir faite, remettre en état la ceinture du projectile qui peut s'être déformée.

En prévision d'accidents semblables, il faudrait, à mon avis, que le refouloir fût disposé de telle sorte que, lorsqu'on tente de décharger la pièce, il ne touchât pas la fusée de l'obus et ne risquât pas de la dévisser.

Le chemin qui traverse la passe de Dalboka est en quelques endroits suffisamment large, mais en d'autres il est tellement étroit que l'une ou l'autre roue repose sur le bord du talus. Ce passage est réellement périlleux et, pour empêcher les pièces ou les caissons de tomber, il fallait y consacrer tous nos efforts. Nous avions attaché aux voitures, des prolonges auxquelles s'attelaient des canonniers placés sur le talus. C'était là une manœuvre difficile et dangereuse, les hommes ne marchaient pas sur un terrain bien solide, et le moindre faux pàs, la moindre pierre, pouvait entraîner leur perte en faisant tout rouler dans l'abîme, hommes, chevaux et voiture. Les chevaux de derrière seuls restaient attelés dans des chemins aussi tortueux, et l'on avait attaché au timon une prolonge sur laquelle tiraient un certain nombre d'hommes pendant que d'autres poussaient la voiture par derrière ou s'appliquaient aux roues quand la chose était possible. Souvent, on dut séparer les deux trains et faire avancer les pièces à bras. Dans les descentes, on fixait un cordage à la tête d'affût et les servants s'y attelaient en retraite. Sur ces chemins pierreux ou raboteux il fallait s'occuper continuellement de voir si les soubresauts et les cahots que recevaient les roues ne brisaient point la chaîne d'enrayage ou ne faisaient point sauter la roue hors du sabot.

Pendant cette marche, on avait affecté à chaque canon une compagnie d'infanterie dont la moitié portait les armes pendant que l'autre aidait à faire avancer la pièce. Ces deux demi-compagnies alternaient de temps en temps.

Malgré les efforts inouïs des hommes et des chevaux, qui avaient tant travaillé qu'ils étaient à bout de forces, la batterie, partie à 4 heures et demie du matin, n'arriva qu'à

5 heures du soir au sommet du col. Elle avait marché douze heures et demie. A 5 heures, on commença à descendre dans la vallée de Tundza, et vers 9 heures du soir, nous arrivions près du village de Balaboudzi ; la descente n'avait duré que quatre heures. Cette économie de temps était due en grande partie à l'infanterie qui nous avait été adjointe et qui nous avait aidés courageusement et sans relâche. On avait mis à chaque pièce 10 à 12 hommes pour la retenir pendant la descente. De plus, nous marchions au trot toutes les fois que le terrain le permettait pour éviter les à-coups dans la colonne et pour arriver à Balaboudzi le plus tôt possible, car l'ennemi cherchait certainement à nous surprendre dans cette passe et à nous barrer la sortie du défilé.

Quand nous eûmes franchi ce passage difficile, nous prîmes position en déployant notre front en face de Kazanlik, où l'ennemi allait bientôt nous attaquer.

(*Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Genie-Wesens.*)

Traduit par J. Walter,
Capitaine d'artillerie.

LES ÉCOLES A FEU

DE

L'ARTILLERIE DE CAMPAGNE EN RUSSIE

(1879).

(Extraits de la *Revue militaire de l'étranger*.)

L'*Invalide russe* a rendu compte, à plusieurs reprises, des écoles à feu de l'artillerie russe. Ces écoles ont présenté cette année un intérêt spécial par suite des circonstances suivantes : tout d'abord, le plus grand nombre des batteries attelaient pour la première fois le nouveau matériel [1] (24 batteries sur 40 en étaient armées au champ de tir d'Orany, situé dans la circonscription de Wilna); en second lieu, on devait se conformer, pour l'exécution des écoles à feu, aux règles posées dans une nouvelle instruction.

De plus, les commandants en chef de plusieurs circonscriptions militaires, notamment le général Gourko à Saint-Pétersbourg et le général Albedinski à Wilna, avaient complété cette instruction par diverses prescriptions, afin de se rapprocher, autant que possible, des conditions réelles de la guerre.

Instructions du général Gourko. — Voici, en ce qui concerne l'artillerie, les instructions du général Gourko pour les rassemblements d'été de la circonscription de Saint-Pétersbourg, en 1879.

Manœuvre du canon. — Cette partie de l'instruction a dû être faite en hiver ; il est inutile, par conséquent, d'y consacrer beaucoup de temps pendant la saison d'été.

[1] Voir *Revue d'artillerie*, t. XII, p. 313.

Sans préjudice des exigences du règlement, on s'attachera encore dans ces exercices aux points suivants :

1° Faire la manœuvre avec un nombre de servants incomplet, dans l'hypothèse que quelques-uns d'entre eux viendraient à manquer ;

2° Exercer tous les conducteurs, sans exception, à la manœuvre du canon ;

3° Ne pas se borner seulement à dresser quelques pointeurs, mais faire passer tout le monde à l'exercice du pointage, sans même en excepter les conducteurs ;

4° Pour le pointage sur des buts mobiles, faire mouvoir, au loin, des troupes d'infanterie et de cavalerie.

Tir. — Installer les exercices de tir des rassemblements d'été dans des conditions qui se rapprochent le plus possible de celles de la guerre. A cet effet, opérer de préférence à des distances inconnues et dans des terrains variés, sur des cibles figurant des ordres minces et des chaînes de tirailleurs couvertes en partie, et de dimensions semblables à celles des formations de l'infanterie. Il faut tirer aussi sur des cibles mobiles, s'exercer enfin, de préférence, au tir à grandes distances ; ces distances seront portées à 2 000 sagènes (4 270 m.) pour les batteries lourdes, à 1 500 sagènes (3 100 m.) pour les batteries légères, à 1 500 sagènes pour les batteries de 9, et à 1 200 sagènes (2 500 m.) pour les batteries de 4. Bien qu'il convienne d'exercer les batteries à ces distances, il faut ancrer solidement chez tous les artilleurs cette conviction que c'est une honte, au combat, de tirer à de pareilles distances sans des motifs graves. Il ne s'agit point en effet d'utiliser toute la portée de l'arme, mais de faire à l'ennemi le plus de mal possible. Il est évident que le tir à une distance moindre est beaucoup plus efficace qu'à une distance plus grande, double, par exemple.

Les distances efficaces sont pour les batteries lourdes entre 700 et 1 200 sagènes (1 500-2 500 m.), pour les batteries légères, entre 600 et 1 000 sagènes (1 300-2 134 m.). En conséquence, il sera rigoureusement interdit de se met-

tre en batterie, pendant les manœuvres, au delà de 1 200 sagènes pour les premières, et de 1 000 sagènes pour les dernières.

Il ne sera toléré d'exceptions à cette règle que dans des cas extrêmes et sérieusement motivés. Aux distances indiquées plus haut, le tir de mousqueterie est très-inefficace et, par suite, il n'y a pas lieu de redouter de grandes pertes. La principale supériorité des pièces à grande portée sur les autres n'est pas précisément leur portée, mais leur efficacité beaucoup plus grande aux mêmes distances.

L'efficacité du tir, abstraction faite des munitions et du pointage, dépend de l'habileté et de la rapidité du réglage; en conséquence, le but des exercices n'est pas d'obtenir des *pour cent*, mais de donner aux commandants de batterie la pratique du réglage. Aussi, le commandant de la batterie fera cesser le feu à une distance donnée, aussitôt qu'il aura acquis la conviction que le tir est réglé; il ira prendre une autre position, y restera jusqu'à ce qu'il ait obtenu le même résultat, la quittera de nouveau, et ainsi de suite.

Dès qu'une batterie sait régler son tir, l'efficacité ne dépend plus que de la qualité des pièces, et comme notre matériel est excellent, il n'y a pas de doute que les résultats soient toujours bons dès que le tir sera réglé. Les renseignements fournis après un tir par les observateurs serviront à contrôler l'opération du réglage. Comme on ne peut juger des coups sur le champ de bataille que par le point de chute ou par l'explosion des projectiles, il sera défendu aux observateurs de faire les moindres signaux.

Afin d'enseigner aux officiers l'art du réglage, le commandant de batterie invitera MM. les officiers à rectifier eux-mêmes le pointage.

Travaux auxiliaires. — Ces travaux seront faits dans les batteries d'après les règlements en vigueur.

Exercices et évolutions réglementaires. — On exigera la connaissance complète du Règlement; mais, en outre, je prescris de porter surtout l'attention sur les points suivants :

1° Faire exécuter des mouvements corrects et prolongés sur des terrains accidentés ;

2° Exiger qu'on se forme vivement, surtout en partant de la colonne de marche ;

3° Faire prendre les positions et les occuper habilement en tenant compte du terrain.

Par suite, il convient de faire la plupart des exercices sur des terrains accidentés. Dans ces exercices, on s'efforcera d'habituer les chevaux aux fatigues, aux mouvements prolongés, sans les ruiner et sans compromettre leur santé.

Manœuvres avec plusieurs batteries. — Cette partie de l'instruction a pour objet :

1° De passer de l'ordre en colonne ou de l'ordre de *rendez-vous* à l'ordre en bataille, pour ouvrir le feu ;

2° Les passages d'une position à une autre tout d'une pièce ou par échelons.

Dans ces manœuvres, on se tiendra fermement au principe de l'indépendance des numéros (principe de l'inversion) ; peu importe le numéro d'une batterie, si le déploiement est fait lestement, rapidement et sans hésitation. Rechercher l'alignement non-seulement des batteries, mais des pièces dans chaque batterie, est chose superflue. Dans le déploiement, chaque batterie s'efforce d'occuper une bonne position, sans autre souci que de ne point masquer ou gêner le feu des batteries voisines.

Manœuvres avec les autres armes. — Les principes fondamentaux de ces manœuvres sont les suivants :

1° L'infanterie et la cavalerie laisseront l'artillerie choisir ses positions ; en revanche, l'artillerie par son feu s'efforcera de seconder de son mieux l'infanterie et la cavalerie, sans entraver les mouvements et l'action de ces deux armes ;

2° Au début de l'engagement, l'artillerie agira contre l'artillerie ennemie, s'efforçant de la démonter ou tout au moins d'affaiblir son feu ; avant l'attaque, elle concentrera alors tous ses efforts contre l'infanterie ou la cavalerie ennemie

pour leur faire le plus de mal possible, sans se préoccuper autrement de l'artillerie adverse;

3° Si l'adversaire prend l'offensive, l'artillerie dirigera tous ses efforts contre les troupes d'attaque et sacrifiera sa propre sécurité, se souvenant que le soin de garder les pièces appartient aux autres armes et que l'artillerie ne doit pas mettre son point d'honneur à sauver ses canons par une retraite rapide, mais à repousser à tout prix l'attaque par un feu précis et à bout portant.

Il est du devoir du commandant en chef de l'artillerie de prendre part à la reconnaissance des positions amies et ennemies ; puis, après avoir reçu communication des intentions du commandant en chef et du but à atteindre, de diriger en conséquence les batteries sous ses ordres. De plus, il est chargé de faire remplacer les munitions en temps opportun.

Travaux tactiques des officiers. — Ces travaux seront exécutés d'après les méthodes déjà en usage.

Travaux de sape. — Cette partie de l'instruction a pour objet d'enseigner aux batteries les moyens d'exécuter les travaux nécessaires en campagne, comme: la confection des fascines et des gabions, l'installation des abris pour les servants des pièces de l'artillerie montée, la destruction de tous les obstacles qui s'opposeraient aux manœuvres des batteries. Il faut surtout porter son attention sur la répartition rapide et instantanée des travailleurs et des chantiers, le tracé des retranchements et l'ouverture des travaux. Il est inutile d'insister sur les profils et les terrassements.

Dans toutes les armes, on consacrera quelques séances à des exercices faits avec des unités, compagnies, bataillons et batteries (dans l'artillerie montée) portées à l'effectif du pied de guerre.

Sans préjudice des observations qui précèdent, je recommande de s'attacher sérieusement à maintenir et à fortifier, parmi les troupes, une discipline rigoureuse, un ordre strict et l'esprit militaire. L'amour du métier, l'exécution fidèle

et scrupuleuse des ordres et de toutes les obligations du service, la connaissance solide et exacte de la profession que nous avons embrassée, l'énergie à supporter toutes les fatigues et tous les labeurs, les efforts continuels pour augmenter le bagage théorique, telles sont les qualités indispensables à tout officier russe. Notre profession est extrêmement sérieuse ; de l'accomplissement consciencieux de nos obligations dépendent des milliers d'existences, l'honneur et la gloire des armes russes. Aussi, ai-je la conviction que toutes les troupes de la circonscription, sans distinction de grade, feront tous leurs efforts, dépenseront toute leur énergie pour maintenir et fortifier les principales qualités qui distinguent l'armée russe : la discipline, l'ordre et l'esprit militaire.

Le Commandant par intérim des troupes,
Signé : Général-adjudant GOURKO.

Rapports sur les écoles à feu. — Les comptes rendus mentionnent principalement comme nouveauté le *tir d'instruction*(1), exécuté pour la première fois cette année, et dont le but est d'exercer les officiers et les sous-officiers à l'observation des coups et de leur faire apprécier les effets produits par les différentes espèces de projectiles.

Le tir de combat constituait la partie la plus intéressante des écoles à feu ; le réglage et les feux s'exécutaient sur des buts qui se présentaient sous les mêmes aspects que sur le champ de bataille, buts découverts ou masqués, mobiles ou immobiles, disparaissant subitement et reparaissant de même, en ordre dispersé ou en ordre serré.

Au sujet de la valeur du matériel modèle 1877, on est d'avis qu'aux distances moyennes le canon léger est de beaucoup supérieur, comme justesse et puissance, au canon de 4 en bronze, et que celui-ci ne peut en rien supporter la comparaison aux grandes distances. On obtint avec le canon lourd de meilleurs résultats, à toutes les distances, qu'avec

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. VIII, p. 171.

le canon de 9 en bronze, sans que cette supériorité soit cependant aussi éclatante que pour l'autre calibre.

Ce sont surtout les inspections qui permettent de se rendre compte de la pratique du *tir de combat*.

Pendant son inspection des batteries rassemblées au champ de tir d'Orany, le général Albedinski fixa pour l'école à feu du 2 juillet un programme qui fut exécuté de la manière suivante :

La 1re batterie des 25e et 26e brigades, la 5e de la 27e, la 4e de la 28e, la 2e de la 29e et la 2e de la 2e brigade de réserve formèrent, suivant leurs calibres, 3 batteries à 8 pièces ; il y avait, en outre, la 3e batterie à cheval.

La batterie à cheval et la batterie légère (5e de la 27e brigade et 4e de la 28e) lancèrent par pièce un obus et quatre shrapnels, chaque pièce dirigeant son tir sur un point spécial du but : celui-ci figurait une batterie de six pièces avec avant-trains, attelages et servants. La batterie de 9 (2e de la 29e brigade et 2e de la brigade de réserve) avait pour objectif une ligne de tirailleurs avec soutiens à rangs serrés, et à 150 pas en arrière la moitié des hommes debout, l'autre moitié à genou : chaque pièce tirait un obus et quatre shrapnels. La batterie lourde, enfin (1re de 25e et 26e brigades), disposait de quatre obus par pièce ; le but représentait une réserve en ordre serré formée en colonne de compagnie, le front ayant l'étendue d'un peloton.

On se mit en batterie, les pièces chargées ; on commença par régler le tir avec les obus, puis on passa au tir des shrapnels pour les batteries qui avaient à l'exécuter.

Voici, en résumé, le résultat que l'on obtint :

La batterie légère tira ses 40 projectiles à 995 sagènes (2 123 m.) ; 5 bouches à feu, 6 affûts et avant-trains, les 39 servants et les 36 chevaux d'attelage furent touchés ; les cibles avaient été atteintes par 15 projectiles, 200 éclats et 1 230 balles de shrapnels.

La batterie à cheval, placée à la distance de 955 sagènes

(2 038 m.), tira 30 coups ; 2 bouches à feu, affûts et avant-trains, 33 hommes et 34 chevaux furent touchés par 2 projectiles, 52 éclats et 350 balles de shrapnels.

La batterie de 9 disposait de 40 coups ; la distance du but était de 900 sagènes (1 920 m.) ; 28 cibles de la chaîne de tirailleurs sur 38 et 34 de celles qui figuraient les soutiens sur 36 furent atteintes par 61 éclats et 628 balles.

La batterie lourde, enfin, était à 1 050 sagènes (2 230 m.) ; elle n'avait à tirer que 32 obus, sur 64 cibles figurant une troupe en colonne (chaque peloton était représenté par une rangée de cibles), 9 projectiles traversèrent les panneaux, on releva 325 éclats, il y avait 56 touchés dans les cibles.

Le général Gourko inspecta à Krasnoë-Selo, le 30 juin, la 1re batterie des deux brigades de la garde, de l'artillerie à cheval de la garde et de la 24e brigade, ainsi que la 5e batterie de la 37e ; il leur prescrivit de marcher contre une position occupée par l'ennemi, en exécutant successivement trois mises en batterie ; à la première, chaque batterie avait 16 obus à tirer ; à la seconde, 6 obus pour régler le tir et 8 shrapnels ; à la dernière, 16 shrapnels.

Les observations faites par le général au sujet de ce tir et la publicité qui leur a été donnée dans un journal très-répandu, nous montrent quelle est actuellement la situation de l'artillerie en Russie. Nous ne pouvons donner qu'un résumé de ces critiques ; elles ont trait au tir pendant la première mise en batterie :

1° La hausse a été trop lentement réglée ; il a fallu, à cet effet, un trop grand nombre de coups ;

2° Quelques commandants de batterie ont conservé durant tout le tir une hausse arbitraire et nullement justifiée par les résultats du tir ;

3° La 1re batterie de la 2e brigade de la garde a seule entrepris la seconde partie du réglage (1) ;

(1) Il s'agit là du tir d'ensemble qui suit la recherche des limites dans le réglage du tir. Voir, à ce propos, les Règles de tir de l'artillerie de campagne allemande publiées par la *Revue militaire de l'étranger* en 1876, vol. 9, n° 302.

4° Les commandants de batterie ne *savent pas* (textuel) amener le point d'éclatement moyen à bonne distance du but ; ils opèrent en se basant sur des estimations faites à vue d'œil, lorsqu'il est matériellement impossible de juger, à des distances dépassant 2 verstes (2 133^{m}), de la grandeur de petits écarts, tels que 5, 15, 17 et 20 sagènes (10 à 40^{m}).

Dans le tir des shrapnels :

1° On s'en rapporte trop aux estimations à vue d'œil au lieu d'employer les moyens prescrits ;

2° On tire d'un seul coup des conclusions qui ne sont admissibles qu'à la suite d'un groupe de plusieurs coups ;

3° Les commandants de batterie craignent, dans le réglage, de dépenser en trop quelques coups longs dont ils seraient largement indemnisés par le tir subséquent ;

4° On fixe la graduation de la fusée avant d'avoir préalablement réglé la trajectoire du projectile.

Le général insiste, en terminant, d'une manière spéciale sur la valeur d'une méthode bien raisonnée qui permet seule, dans un combat réel, de tirer des feux de l'artillerie leurs plus puissants effets ; il n'a pas constaté pendant son inspection l'application d'une semblable méthode.

Ordre du général Gourko. — A la suite des manœuvres exécutées cette année dans la circonscription de Saint-Pétersbourg, le général Gourko a adressé, le 5 septembre dernier, aux troupes de cette circonscription, un ordre du jour dans lequel il a résumé les principales observations relevées par les arbitres pendant les derniers rassemblements. Cet ordre peut être considéré comme un complément utile des Instructions émises par le même officier général avant la période des manœuvres, et c'est à ce titre que nous le reproduisons, d'après l'*Invalide russe* du 9 septembre :

« Par ordre de l'Empereur, je porte à la connaissance des troupes les observations suivantes relevées par les arbitres pendant les grandes manœuvres de cette année :

« 1° Certains chefs supérieurs se portaient en avant, con-

trairement aux prescriptions spéciales de l'ordre du 12 août, n° 90, publié à ce sujet, jusque sur les chaînes et les compagnies de première ligne ; ils s'agitaient au milieu des troupes et donnaient des ordres à des compagnies et à des batteries sans tenir compte des chefs directs de ces fractions. Il est d'une extrême importance que les chefs, à tous les degrés de la hiérarchie, conservent pendant les manœuvres la place qu'ils devront occuper au combat; qu'ils s'habituent à juger, de cette place, de la marche du combat et à diriger leurs troupes sans troubler l'ordre hiérarchique en s'immisçant dans les opérations des petites unités tactiques. Cette manière d'agir des chefs supérieurs pendant les manœuvres enlève aux subordonnés tout esprit d'initiative et d'indépendance, les accoutume à une agitation des plus pernicieuses pendant le combat, et leur donne d'ailleurs un fâcheux exemple de désobéissance aux ordres de l'autorité.

« 2° L'infanterie, tout en opérant, d'une manière générale, avec la plus grande attention et un ordre remarquable, et en utilisant le terrain avec habileté, a cependant commis parfois des erreurs pendant les opérations qu'elle exécutait de concert avec l'artillerie ; de plus, elle ne protégeait pas suffisamment les batteries. Il ne faut jamais perdre de vue qu'en raison de la longue portée actuelle du feu de mousqueterie, l'infanterie doit se tenir en avant des batteries, à des distances beaucoup plus considérables que par le passé. On doit se rappeler que les chaînes de tirailleurs, qui ne précèdent l'artillerie que de 200 ou 300 pas, ne protègent pas cette dernière contre le tir de l'infanterie ennemie. Pour que cette protection soit efficace, les chaînes doivent être portées à 600 ou 700 pas et même davantage en avant du front des batteries.

« 3° En général, la cavalerie s'est montrée fort peu habile dans le service d'exploration et dans le maintien des relations entre les colonnes ; souvent elle perdait tout contact immédiat avec l'adversaire. Il en résultait que les chefs de tous grades n'avaient pas de renseignements précis sur le

groupement des forces du parti adverse, et cela quelquefois jusqu'à la fin de la manœuvre, tandis que les commandants des colonnes ne savaient ni où se trouvaient les colonnes voisines, ni ce qu'elles faisaient. Ces branches si importantes du service de la cavalerie, sur lesquelles l'ordre de la circonscription n° 44, en date du 13 mai, avait insisté, doivent être l'objet de l'attention la plus sérieuse. Tant que la cavalerie ne sera pas arrivée à se les assimiler complétement, elle sera incapable de satisfaire à l'une de ses missions les plus importantes : constituer les yeux et les oreilles de l'armée.

« 4° On a remarqué dans l'artillerie un manque d'ordre dans la disposition des batteries et de l'irrégularité dans la direction du feu. Ces fautes étaient dues en grande partie à l'excès d'ardeur des commandants de détachements et de colonnes, qui le plus souvent gênaient les dispositions des officiers d'artillerie en donnant des ordres directs aux batteries, et portaient ainsi le trouble dans les opérations. Les rapports des chefs supérieurs avec l'artillerie sont définis dans l'ordre de la circonscription n° 44, en date du 13 mai, et, tant que l'on ne s'y conformera pas strictement dans la pratique, les officiers d'artillerie ne pourront assumer la responsabilité de leurs opérations ; de plus, il sera impossible d'appliquer les procédés ayant pour but de combiner l'action de l'artillerie avec celle des autres armes.

« 5° Bien que l'on ait pu remarquer un grand progrès dans l'art de se retrancher, il est cependant désirable que les troupes se perfectionnent encore davantage sous ce rapport et aient recours aux retranchements non-seulement dans les opérations défensives, mais encore, en certains cas, dans les opérations offensives.

« J'appelle sur les différents points qui viennent d'être signalés l'attention des chefs de corps et des chefs supérieurs. Il ne faut pas qu'à l'avenir on soit obligé de faire des observations de ce genre. »

LE

MARTEAU-PILON DE 80 TONNES

DES

USINES DE SAINT-CHAMOND

(PL. V.)

La fabrication de l'acier a pris depuis quelques années une extension considérable, et ses divers emplois se multiplient tous les jours. Depuis longtemps, ce métal est appliqué au matériel des chemins de fer et aux constructions navales. Il est adopté aujourd'hui, d'une façon à peu près générale, pour la fabrication des pièces d'artillerie de terre et de mer. On le retrouve enfin dans la question des cuirassements de navires, et le nombre est grand déjà de ceux qui demandent à l'utiliser pour les blindages, soit seul, soit allié au fer pour former des plaques mixtes. Sa grande résistance, son homogénéité, la facilité relative avec laquelle on peut l'obtenir en masses fondues et forgées de poids et de dimensions considérables, ont permis à l'artillerie d'augmenter progressivement les calibres des canons, dont le type le plus fort aujourd'hui, celui de 42c, pèse 75 tonnes et sera bientôt dépassé.

Mais, pour forger des lingots d'acier aussi lourds, il faut des installations d'une ampleur exceptionnelle, des appareils et des outils d'une puissance très-considérable ; et c'est pour répondre à ces besoins nouveaux que la *Société des hauts fourneaux, forges et aciéries de la marine et des chemins de fer* vient de créer, dans ses usines de Saint-Chamond (Loire), un vaste atelier de grosse forge

qui comprend, sous une même halle (fig. 4), 3 marteaux-pilons à vapeur ayant 80 tonnes, 35 tonnes et 28 tonnes de puissance, les grues à vapeur destinées à les desservir, et les fours de chauffage au gaz. Sous des halles voisines, se trouvent les gazogènes alimentant ces fours, et les chaudières fournissant la vapeur nécessaire.

Cet atelier, avec les voies ferrées, appareils de transport et de pesage qui le desservent, vient d'être terminé. En voici une description succincte, dans laquelle on s'attachera surtout à l'étude du marteau-pilon de 80 tonnes qui, de tout cet ensemble, est la partie la plus remarquable.

Halle. — La halle se compose d'une travée de 80 mètres de longueur, 30 mètres de largeur et 21 mètres de hauteur, bordée latéralement d'annexes de 5 mètres de largeur. Elle est entièrement métallique et recouverte en tôle de fer galvanisée et ondulée. La charpente, du type créé par M. de Dion pour les grandes galeries de l'Exposition de Paris de 1878, est en arc sans tirant; elle permet d'utiliser toute la hauteur du faîte au sol.

Marteau-pilon de 80 tonnes (fig. 1). — Deux jambages inclinés l'un vers l'autre, entretoisés, auxquels sont fixés intérieurement deux coulisseaux servant de guide à la tête de marteau dans sa course ascendante et descendante, supportent un entablement sur lequel repose le cylindre à vapeur. La chabotte qui reçoit l'enclume est indépendante des jambages.

Fondations. — Les fondations reposent, à la profondeur de 8 mètres, sur le rocher compacte. Elles se composent d'une couche épaisse de béton surmontée d'assises en pierre de taille dans la partie qui porte la chabotte, et de massifs en maçonnerie de moellons que couronne un lit de pierres de taille dans la partie qui porte les jambages. Le mortier employé est en chaux et ciment hydrauliques.

Sur la pierre de taille, et portant la chabotte, est établi un stock formé de billes de cœur de bois de chêne de gros équarrissage (40 centimètres) placées debout, parfaitement

jointives et fortement serrées entre elles par des frettes en fer. Ce stock, établi avec un soin minutieux afin de rendre les billes solidaires et de former un tout compacte, est destiné à absorber en grande partie les répercussions des chocs transmis par la chabotte.

Chabotte. — La chabotte, de forme pyramidale à la base et tronconique au sommet, est composée d'assises superposées, formées chacune d'un ou de deux blocs de fonte. Tous ces blocs sont reliés entre eux par des emboîtages, des frettages à chaud et des assemblages à clef qui assurent la parfaite solidarité des diverses parties, qui résistent comme un tout unique. Chaque assise a été rabotée avec soin sur ses deux faces de manière à obtenir un contact parfait et une horizontalité absolue.

Jambages. — Les jambages sont fixés par des boulons et des clavettes à deux fortes plaques d'assise en fonte, de $0^m,70$ d'épaisseur, rabotées sur toutes les faces encastrées dans la pierre de taille, retenues par des boulons de $0^m,15$ de diamètre au massif de maçonnerie qui, de part et d'autre, environne la chabotte, et fortement entretoisées par deux barres en fer de $0^m,20$ d'équarrissage qui maintiennent leur écartement.

Les jambages proprement dits sont formés sur leur hauteur de deux parties dont la liaison et la rigidité sont assurées d'une manière absolue par des emboîtages, des frettages et des boulons. Les coulisseaux sont fixés à ces deux parties par les mêmes moyens. Enfin, deux plaques de blindage en fer, de $0^m,15$ d'épaisseur relient comme deux entretoises les faces des jambages dans lesquelles elles sont encastrées et boulonnées.

Tout ce système de liaison appliqué depuis longtemps aux marteaux-pilons de la Compagnie donne comme solidité les meilleurs résultats.

Entablement. — L'entablement, qui relie la partie supérieure des jambages, sert de plate-forme horizontale pour porter le cylindre à vapeur et contient aussi la distribution

de vapeur. Celle-ci se fait au moyen de 2 soupapes de $0^m,35$ et $0^m,50$ de diamètre, d'une forme qui réalise leur équilibre absolu. L'arrivée de la vapeur aux soupapes est réglée par un vannage équilibré de forme spéciale.

Grâce à toutes ces dispositions, la manœuvre de l'appareil distributeur se fait par un seul homme avec la plus grande aisance et une docilité parfaite.

Piston. — Le piston est en acier coulé, la tige en fer de $0^m,34$ de diamètre, et l'assemblage de la tige et du piston est renforcé par une double frette posée à dilatation.

Poids et dimensions. — Voici le poids des pièces entrant dans la composition du marteau-pilon et les données principales sur sa construction et son fonctionnement :

Chabotte	500 000 kil.
Plaques d'assise	122 000
Jambages	270 000
Entablement, cylindre	148 000
Piston, distribution, plate-forme, blindages de liaison, porte-marteau, marteau	160 000
Total	1 200 000 kil.

Poids de la masse active	80 000 kil.
Chute maxima	$4^m,800$
Travail de chute	384 t.-m.
Écartement des jambages	$6^m,600$
Largeur du marteau	1 ,900
Hauteur disponible de forgeage	4 ,000
Diamètre du cylindre	1 ,900
Diamètre de la tige	0 ,340
Diamètre de la soupape d'admission	0 ,350
Diamètre de la soupape d'échappement	0 ,500
Pression de la vapeur	6 ,500
Pression utile pour lever 80,000 kil.	2 ,900

Chevalet et grues. — Les grues qui desservent le marteau-pilon sont à pivots supérieur et inférieur. Pour obtenir l'appui des pivots supérieurs, on a établi autour

un chevalet métallique dont la base est fixée dans le sol et dont le haut porte les crapaudines qui reçoivent ces pivots.

Ce chevalet se compose essentiellement de deux poutres horizontales en tôles et cornières, reliées par un contreventement en treillis, se repliant à angle droit à leurs extrémités et s'enfonçant dans le sol ou elles prennent leur appui sur un radier métallique formé également de poutrelles entrecroisées. Ce radier est chargé d'un massif en maçonnerie formant monolithe, qui détermine l'encastrement des poutres verticales du chevalet et développe par son poids le moment de stabilité des grues.

Celles-ci sont construites en tôles cornières d'acier doux; les pivots et pièces d'encastrement sont en acier coulé. Elles portent chacune une machine à vapeur à 2 cylindres qui commande quatre séries de mécanismes :

1° Un mouvement d'élévation de la charge ;

2° Un mouvement de translation de la charge sur la grue elle-même ;

3° Un mouvement de déplacement circulaire de la grue autour de son axe ;

4° Un mouvement de virage.

Ce dernier mouvement, imaginé il y a quelques années par M. Fouchère, chef des ateliers de grosse forge de la Compagnie, permet à la pièce suspendue à la grue de tourner sur elle-même, de manière à présenter facilement tous les points de sa surface aux coups du marteau.

Un seul ouvrier, placé sur une plate-forme qui évolue avec la grue, suffit pour la manœuvre de ces divers mouvements.

Outre les trois grues de travail dont la machine est d'une force de 35 chevaux, le marteau possède une quatrième grue plus petite, servant à la mise en place et au déplacement de l'outillage.

Poids et dimensions — Voici les données principales de construction du chevalet et des grues :

Chevalet.

Hauteur libre au-dessus du sol.	8m,100
Profondeur au-dessous du sol du radier métallique.	5 ,000
Poids de la partie métallique	175 000 kil.
Poids du massif de maçonnerie	6 000 000 »
Rapport du moment maximum de renversement au moment de stabilité.	1/5

Grues.

Puissance.	120 tonnes.
Diamètre des cylindres.	0m,320
Course des pistons.	0 ,360
Nombre de révolutions du moteur par minute. .	150
Volée maxima	9m,20
Levée de la grue.	4 ,00
Vitesse d'élévation par minute.	0 ,45

Fours et chaudières. — Les fours de réchauffage au gaz ont été établis de façon à pouvoir recevoir aisément des lingots de 100 tonnes.

La manœuvre des portes s'effectue à l'aide d'un appareil à vapeur.

Les gaz destinés à l'alimentation des fours sont amenés des gazogènes par une conduite aérienne de grand diamètre.

Enfin, une batterie de 12 chaudières fournit à tout l'atelier la vapeur nécessaire.

Résumé. — Tout cet ensemble comprend 2 330 tonnes de métal, réparties ainsi qu'il suit :

Halle, chevalet, grues.	780 000 kil.
Marteau-pilon..	1 200 000 »
Fours, gazogènes, chaudières.	350 000 »

et 8 000 tonnes de maçonnerie ; malgré cela, il a été construit avec une promptitude remarquable.

Les études préliminaires datent, en effet, du mois de janvier 1878, les études définitives du mois de mars et l'ouverture des travaux du mois de mai de l[illegible]

Ceux-ci furent achevés et les premiers es[illegible]

le 4 août 1879, ce qui donne une durée totale d'exécution de 14 à 16 mois.

Cet immense travail conduit et mené à bonne fin avec une telle rapidité fait le plus grand honneur à tous les ingénieurs de la Compagnie qui y ont contribué. Depuis sa mise en activité jusqu'à ce jour, le marteau de 80 tonnes a déjà forgé un assez grand nombre de pièces parmi lesquelles nous citerons :

3 lingots de 45 tonnes, de $1^m,600$ de diamètre, pour tubes de canons de 42^c. Ces tubes ont une longueur de 10 mètres et $0^m,75$ de diamètre.

1 lingot de 45 tonnes, de $1^m,500$ de diamètre, pour avant de canon de 42^c.

1 lingot de 70 tonnes, de 2 mètres de diamètre, pour arrière de canon de 42^c.

Le fonctionnement du marteau n'a rien laissé à désirer pendant cette période et le forgeage s'est effectué de la façon la plus satisfaisante.

H. G. Barbier,
Capitaine d'artillerie.

RENSEIGNEMENTS DIVERS.

Poudrerie du Ripault. — En exécution du décret du 9 mai 1876, qui réglemente l'organisation et les attributions du corps des Ingénieurs des poudres et salpêtres, ainsi que la constitution du personnel civil d'exploitation des poudreries et raffineries de l'État, la poudrerie du Ripault cessera, à partir du 1er janvier 1880, d'être un établissement de l'artillerie et sera remise au service des poudres et salpêtres.

A la même date, la 3e compagnie d'artificiers, qui fait le service dans cette poudrerie, sera supprimée et la 5e compagnie prendra alors le n° 3.

Allemagne : Augmentation de l'artillerie de campagne (1). — On rapporte de différents côtés une décision qui aurait été prise pour augmenter l'artillerie de 42 batteries qui serviraient à former un second régiment dans le 15e corps d'armée, et à renforcer de 2 batteries l'artillerie des autres corps. Cependant, nous pouvons dire que rien de définitif n'a encore été arrêté à ce sujet, et les décisions qu'il y aura lieu de prendre pour l'augmentation de l'artillerie soit comme matériel, soit comme organisation, ne pourront pas être mises à exécution avant l'année 1881.

(*Deutsche Heeres-Zeitung*).

Allemagne : Télégraphe souterrain entre Posen et les forts détachés. — Le ministère de la guerre a décidé que les forts de Posen seraient reliés à la place par un câble télégraphique qui sera enterré à $1^{m},25$ de profondeur en moyenne. Cette profondeur sera modifiée aux endroits où l'eau est à fleur de terre, ou quand on doit traverser un

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. XIX, p. 861.

cours d'eau, etc. Ce travail sera exécuté par les soins d'un entrepreneur sous le contrôle d'une commission dont les membres font partie du service des télégraphes.

(*Deutsche Heeres-Zeitung.*)

Allemagne : Considérations sur le service de sécurité de l'artillerie de campagne. — Dans un article que nous allons analyser, l'*Allgemeine Militær-Zeitung* cherche à montrer que l'artillerie, étant donnés ses règlements actuels, ne peut arriver à établir le service de sécurité en campagne aussi bien qu'il serait nécessaire et autant que le font les autres armes. Il en résulte inévitablement des désordres, des retards pendant les marches, des pertes et des avaries pour le matériel. C'est pourquoi l'auteur propose d'établir le service de sécurité de la batterie au moyen d'éclaireurs pris dans son personnel et d'après les principes qui seront exposés plus loin.

Le commandant de batterie peut-il, en effet, éviter complétement les désordres pendant les marches, lorsqu'il est obligé de reconnaître en personne le terrain sur lequel il devra prendre position et qu'il doit aussi surveiller ses derrières?

Le règlement prussien dit qu'au commencement du combat, le commandant de la batterie doit se porter rapidement en avant de sa colonne pour reconnaître la position. Puis, quand la batterie y est parvenue, il en reprend le commandement.

Mais comme personne n'a pu donner à ce capitaine un premier aperçu de la configuration du terrain qu'il veut reconnaître, il est forcé de tâtonner, d'aller à droite, de revenir à gauche pour trouver une position convenable.

D'ailleurs, bien que le lieutenant en premier ait reçu le commandement de la batterie pendant que le capitaine est en reconnaissance, ce dernier sent toujours la responsabilité peser sur lui, il craint de s'éloigner de ses pièces, et en reste trop près pour que la reconnaissance soit bien faite ;

de plus, il a perdu beaucoup de temps en recherches inutiles pour arriver enfin à l'emplacement qu'il juge le plus convenable. Si la batterie a continué de marcher, elle arrive sur la position presque en même temps que son capitaine ; alors ce dernier est obligé d'agir avec précipitation pour désigner le but, déterminer la distance et disposer judicieusement les pièces. Ou bien, ce qui est pire encore, il arrive à se convaincre trop tard qu'il n'y a pas là d'emplacement convenable pour la batterie ; il en résulte qu'il faut chercher ailleurs ; après avoir fatigué inutilement les chevaux, on a perdu un temps précieux et présenté à l'ennemi une agglomération de troupes qui peut servir de but à son tir.

Si la batterie veut rester suffisamment en arrière jusqu'à ce que le capitaine lui fasse signe de s'avancer rapidement, on marche par à-coups, le désordre se met dans la queue de la colonne, on fatigue toujours les chevaux plus qu'il ne faudrait et l'on perd encore du temps. D'ailleurs comment veut-on que le plus ancien lieutenant, qui est chargé de conduire la batterie, s'en acquitte comme il faut, puisqu'il perd souvent de vue son capitaine et qu'il ne connaît pas le terrain ?

L'emploi d'éclaireurs peut seul améliorer cette situation, et plus d'un commandant de batterie s'en est servi avec avantage dans la dernière guerre. Les inconvénients que nous avons signalés plus haut relativement au défaut de connaissance du terrain en avant ne sont pas les seuls, et nous en trouverons de graves en ce qui concerne le service de sécurité de la batterie.

On a marché jusqu'ici sans éclaireurs sous prétexte de ne pas s'imposer de nouvelles charges. Mais est-il besoin d'un si grand nombre de cavaliers pour faire ce service ? Deux hommes suffiraient s'ils étaient convenablement placés, et loin d'être un embarras pour la troupe dont ils feraient partie, ils faciliteraient ses mouvements et lui éviteraient souvent des marches inutiles ou dangereuses.

Supposons qu'un obstacle se présente, le plus simple est de le franchir lorsqu'on croit pouvoir le faire sans briser les timons et les roues. Mais sait-on si cela est possible lorsqu'on n'a pas reconnu le terrain ? C'est ainsi que nous avons vu une batterie arriver au rendez-vous, laissant derrière elle deux de ses pièces parce qu'un timon et un palonnier s'étaient brisés. Il n'y avait là aucunement de la faute des conducteurs, mais on avait reconnu trop tard qu'il eût mieux valu tourner l'obstacle dans lequel on s'était engagé. Ces accidents ne seraient pas arrivés si des éclaireurs avaient reconnu le terrain.

Pendant la campagne de 1870, le 18 août, une batterie d'artillerie allemande avait pris position près d'un petit bois que la cavalerie venait de fouiller. Croyant cette batterie en sûreté, le commandant de l'artillerie la laissa sans soutiens et prit l'infanterie qui se trouvait là pour renforcer une de ses ailes. Mais on n'avait pas remarqué, à 300 ou 400 mètres des pièces, un bataillon de chasseurs et un bataillon d'infanterie français, qui étaient couchés sur le sol. Ceux-ci se relevèrent, et au bout de quelques minutes, un officier de la batterie était tué, le capitaine et un autre officier étaient blessés, 44 hommes, tous les chevaux, sauf 8, étaient hors de combat, deux des pièces restaient au pouvoir des Français.

Si des éclaireurs attachés à la batterie avaient été envoyés en avant, on aurait certainement pu éviter ce massacre.

Après de pareils exemples, la nécessité d'éclairer le terrain devant l'artillerie a été comprise par un certain nombre de militaires, et plusieurs d'entre eux ont parlé d'adjoindre quelques hommes de cavalerie à chaque batterie. Cela serait peu pratique et, de plus, ce serait honteux pour les artilleurs qui se verraient aider par d'autres dans un service qu'ils peuvent fort bien faire eux-mêmes. D'ailleurs, le chef de la batterie pourra plus attendre d'artilleurs de sa batterie qu'il aura pu instruire à l'avance et habituer

à son commandement, que de cavaliers qu'il verrait pour la première fois au moment de s'en servir. Ce point admis, voici comment l'instruction des hommes pour le service de sécurité pourrait être organisée :

Tout homme monté de l'artillerie doit être exercé au service d'éclaireur.

Dès que, dans une grande manœuvre, la batterie quitte la route et s'approche de la ligne de combat, le chef de cette batterie doit chercher à savoir jusqu'à quel point le terrain est praticable autour de lui. A cet effet, il désigne des éclaireurs qui observent l'ennemi pendant la marche aussi bien que lorsque la batterie a pris position, et transmettent le résultat de leurs observations au commandant de la batterie.

Au commandement : Éclaireurs en avant, les éclaireurs se portent au galop vers les ailes et marchent dans la direction indiquée par le capitaine aussi loin que possible, sans toutefois perdre de vue la batterie. Ils prennent alors le pas et s'avancent dans une direction parallèle à celle que suivent les pièces. Ils s'arrêtent, pour observer, sur les points les plus élevés, tandis qu'ils passent plus rapidement dans les thalwegs ou les plis du terrain. Pour contourner un obstacle, ils exécutent des changements de direction à angle droit, afin de reprendre plus facilement la direction primitive ; ils ne doivent marcher obliquement que lorsqu'ils rejoignent la batterie et prennent alors le chemin le plus court. Si la batterie change de direction ou fait demi-tour, les éclaireurs l'accompagnent dans son mouvement; si elle s'arrête, ceux-ci font halte en se tournant du côté de l'ennemi. Ils ne mettent pied à terre que dans les cas d'absolue nécessité et pour un temps très-court.

Lorsque la batterie est en colonne, un seul éclaireur suffit lorsqu'il est placé en tête et marche en vue de la batterie. Au commandement : Un éclaireur en avant, l'un d'eux se détache et le capitaine peut, s'il le juge convenable, laisser marcher les autres derrière lui avec son trompette.

Si un éclaireur rencontre un obstacle que les pièces ne puissent franchir au pas, il le tourne en effectuant des changements de direction à angle droit et prenant le côté le moins menacé, jusqu'à ce qu'il trouve un point praticable. Lorsque les pièces peuvent passer l'obstacle, l'éclaireur le franchit au pas et conserve quelque temps cette allure.

Si l'on trouve devant soi un défilé, un pont, une digue, une chaussée, l'éclaireur s'arrête en deçà, tourné vers l'ennemi, jusqu'à ce que la batterie ne conserve plus de doute sur la direction à suivre; il reprend alors sa marche.

Lorsque, en présence d'un obstacle, l'éclaireur ne trouve aucun passage praticable, il revient au trot vers la batterie et fait son rapport au capitaine de manière à n'être entendu que de lui seul.

Au moment où l'on prend position pour tirer, les éclaireurs dégagent le front de la batterie et se portent rapidement sur les ailes, à hauteur des pièces et aussi loin que possible, tout en restant en vue du capitaine. Ils choisissent leur poste d'observation de manière que la fumée des pièces ne leur cache ni l'ennemi, ni la batterie; ils portent leur attention sur tout ce qui se passe autour d'eux, et gardent la batterie jusqu'à ce qu'on amène les avant-trains.

Si l'ennemi s'approche, l'éclaireur qui se trouve de son côté exécute quelques voltes à une allure d'autant plus vive que le danger est plus pressant. Entre chacune de ces voltes, il s'arrête un instant pour observer l'adversaire. Les signes, les cris, les appels sont formellement interdits aux hommes de la batterie.

Quand on amène les avant-trains, les éclaireurs prennent le galop et se portent en avant des ailes si la batterie poursuit sa marche en avant. Si la batterie marche en retraite, ils se portent en arrière des ailes et ils continuent, de cette position, à observer l'ennemi; dans le cas où ce dernier les serrerait de trop près, ils l'indiqueraient en s'ap-

prochant de la batterie autrot, sans toutefois rentrer dans la colonne.

Dans les marches en retraite, et lorsqu'on n'a rien à redouter de l'ennemi dans la nouvelle direction que l'on suit, on laisse au capitaine le soin de juger s'il est nécessaire de placer un ou deux hommes montés en avant du front pour éclairer le terrain.

Tout ce qui vient d'être dit pour une seule batterie peut s'appliquer à un groupe quelconque avec quelques légères modifications.

Au commandement : Éclaireurs en avant, les batteries des ailes détachent un éclaireur sur leur aile extérieure, et celles du centre en détachent un en avant de leur centre.

Lorsqu'on s'arrête pour faire feu, les éclaireurs dégagent rapidement le front de bataille.

(*Allgmeine Militær-Zeitung.*)

Angleterre : Le canon de 38 tonnes du Thunderer. — On construit dans ce moment, aux buttes d'expériences de Woolwich, un puits d'éclatement de grande résistance, dans lequel on se propose de rechercher les causes de la rupture du canon de 38 tonnes, en produisant l'éclatement de celui qui était en batterie dans la même tourelle. On se rappelle que la commission d'enquête (1) avait attribué le désastre à l'emploi d'une double charge, et elle proposait de charger et de tirer le second canon dans des conditions identiques. La dépense considérable nécessitée par cette épreuve a fait d'abord beaucoup hésiter, mais il est, en définitive, si important de connaître la cause exacte de la catastrophe de la baie d'Ismid, qu'on a résolu de procéder à cette expérience. Le puits d'éclatement a ses parois en béton et bois, renforcées par d'épais remblais de terre ; la chambre intérieure, dans laquelle le canon sera tiré au moyen de l'électricité, a 30 pieds ($9^m,14$) sur 12 ($3^m,66$) et 12 pieds $3^m,66$) de haut. La butte contre laquelle on doit tirer la

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. XIII, p. 169.

double charge doit être renforcée, et tous les préparatifs seront terminés dans un mois environ. Le canon à expérimenter est à la manufacture royale, mais la date des essais n'est pas encore fixée.

Voici le programme des expériences :

1° Tir de la pièce avec un vide entre la charge et le projectile.

Ce vide sera graduellement augmenté de 1 pied (304 mill.) à chaque coup, jusqu'à ce que le projectile soit seulement engagé à la bouche.

2° Tir avec le projectile poussé à fond, mais avec un certain vide entre le projectile et le valet.

3° Après un certain nombre de coups tirés dans ces conditions, tir avec un valet engagé dans l'âme de manière à provoquer un coincement.

4° Enfin, tir avec une double charge.

(*The Army and Navy Gazette* et *Engineering.*)

Angleterre : Traitement de l'acier. — Parmi les communications faites à la dernière séance de l'Institut du fer et de l'acier, de Liverpool, il y en a eu deux fort intéressantes, traitant de la déphosphorisation de l'acier.

La première a été faite par M. Richard Brown, « sur la neutralisation du phosphore dans l'acier et dans les métaux similaires ». — M. Brown, au lieu de chercher à éliminer le phosphore, *ce grand ennemi de l'acier*, s'est efforcé d'en faire pratiquement *un ami*.

Il introduit pour cela, dans l'acier fondu, du bichromate de potasse chimiquement pur, qui ne contient pas d'eau de cristallisation et n'est pas déliquescent. La quantité du bichromate qui doit être employée varie avec la teneur en phosphore et la qualité requise de l'acier.

Ainsi, pour neutraliser le phosphore, lorsqu'il est renfermé dans l'acier dans la proportion de 0,75 p. 100, il suffit d'environ 0,50 p. 100 de bichromate de potasse. Lorsque le métal renferme beaucoup de carbone, on doit

en éliminer une partie avant l'addition du bichromate; pour la proportion de phosphore que nous avons indiquée de 0,75 p. 100, la proportion de carbone devrait être réduite à environ 0,2 p. 100.

Ce procédé n'enlève réellement, ajoute l'auteur, qu'une partie du phosphore, mais, quand la teneur en carbone est faible, le phosphore restant n'a plus d'action nuisible; il améliore au contraire le métal et permet de le couler sans soufflures.

Un autre procédé de déphosphorisation, exposé par M. Bull, consiste à lancer un jet de vapeur dans la fonte en fusion, après l'élimination du silicium, du manganèse et du carbone, soit dans le convertisseur Bessemer, soit dans le four Siemens.

La vapeur est décomposée, une partie du fer est oxydée, et l'hydrogène dégagé se combine, à l'état naissant, avec le phosphore, donnant ainsi de l'hydrogène phosphoré.

Enfin, nous signalerons encore la méthode de fabrication de pièces en acier coulé sans soufflures, présentée par M. A. Davis et due à M. H. R. Jones de la *Edgar Thomson Steel Compagny,* aux États-Unis, où elle est appliquée couramment.

Cette méthode consiste à introduire la vapeur à haute pression au sommet de la lingotière, immédiatement après qu'on y a versé le métal en fusion.

Grâce à la pression élevée à laquelle l'acier liquide se trouve soumis, les gaz absorbés restent dissous et aucune formation de bulles n'a lieu à une pression supérieure à 6 atmosphères.

Cette méthode de compression de l'acier a été récemment adoptée à l'usine de MM. Bolckow, Vaughan et Cie.

(*Bulletin du Comité des forges de France.*)

Autriche : Réorganisation de l'artillerie technique. — Un décret impérial du mois de novembre vient de prononcer la réunion de la compagnie d'ouvriers à l'artillerie

technique et d'ordonner quelques modifications dans l'organisation du personnel de cette dernière.

Des *Abtheilungen* d'artillerie technique organisées d'après le décret dont nous venons de parler, ont été réparties dans les ouvrages de fortification construits pendant le dernier trimestre et dans ceux du Tyrol : à Riva, Nauders, Gomagoï, Rochetta, Vale di Strino, Bucco di Vela, Eivezzano, Lardaro et Nago.

Les dépôts de matériel de Trieste et de Zara ont été transformés en succursales et leur personnel réduit en conséquence ; le dépôt de Trieste relèvera à l'avenir de celui de Pola et celui de Zara (avec ses anciennes succursales de Knin et de Spalato) dépendra du dépôt de Raguse.

En outre, une égalisation d'effectifs a eu lieu entre le personnel de la compagnie d'ouvriers d'artillerie de l'arsenal de Vienne et celui des dépôts de Wiener-Neustadt, Pola, Lemberg, Raguse, Temesvar et Esseg, ainsi que celui des succursales de Brood et d'Alt-Gradisca.

Enfin, le maître artificier de deuxième classe (lieutenant d'artillerie) de l'arsenal de Vienne passe au dépôt de Wiener-Neustadt.

L'effectif de l'artillerie technique comprend 1 810 hommes, auxquels il faudra ajouter 60 journaliers et 456 ouvriers commissionnés. Les cadres sont formés de 5 colonels, 5 lieutenants-colonels, 9 majors, 47 capitaines de première et de seconde classe, 70 premiers lieutenants et 43 lieutenants, 10 chefs d'ateliers de première et de seconde classe, 17 officiers comptables.

La nouvelle répartition du personnel de l'artillerie technique dans les divers établissements est donnée dans le tableau de la page suivante.

La compagnie d'ouvriers, rattachée à l'artillerie technique, comprendra 380 hommes, dont 63 à l'arsenal de Vienne, 35 à la fonderie, et 113 à la manufacture d'armes qui font partie de l'arsenal, 93 hommes au dépôt de la

compagnie d'ouvriers, 10 à la commission de réception, et enfin 66 remplissant divers emplois.

En somme, depuis le 16 novembre, l'artillerie technique dispose de 2 706 hommes, y compris les officiers et les employés d'administration.

	ARSENAL de Vienne.	POUDRERIE de Stein.	DÉPÔTS D'ARTILLERIE (non compris celui de l'arsenal de Vienne).	TOTAL.
Officiers supérieurs	7	1	11	19
Officiers d'autres grades	34	2	124	160
Officiers comptables	6	1	10	17
Médecins	2	1	1	4
Employés techniques	13	2	1	16
Portiers-consignes	9	»	»	9
Sous-officiers	92	»	380	472
Hommes de troupe	329	5	779	1 113
Total général	492	12	1 306	1 810

(*Deutsche Heeres-Zeitung.*)

Autriche-Hongrie : Transformation des armes portatives. — La mise en service, dans l'armée austro-hongroise, des fusils Werndl tranformés [1], qui portent la nouvelle dénomination de : modèle 1867-77 et modèle 1873-77, a commencé à s'effectuer, s'il faut en croire le renseignement suivant, emprunté à la *Neue Freie Presse* du 1er octobre :

« Le dépôt de matériel d'artillerie de Vienne vient de commencer à l'arsenal la distribution successive des nouveaux fusils (modèle 1873-77), transformés pour recevoir la cartouche de 11 millimètres à charge renforcée (modèle 1877). Les deux bataillons de chasseurs n° 3 et n° 15 stationnés à l'*Alserkaserne*, ainsi que leurs compagnies de dé-

[1] Voir *Revue d'artillerie*, t. XV, octobre 1879, p. 96.

pôt à Linz et à Salzbourg, sont les premiers corps de troupe qui recevront le nouveau fusil Werndl qui, comme on le sait, porte jusqu'à 2100 pas. On armera ensuite, d'ici à la fin de l'année, le 21e bataillon de chasseurs, à Klagenfurt, le 26e à Linz, et les sept bataillons du régiment de chasseurs tyroliens de l'empereur. La distribution des nouvelles armes sera réglée de telle sorte qu'avant l'été prochain tous les bataillons de chasseurs en seront pourvus et qu'on pourra commencer l'armement des régiments d'infanterie. »

En prévision de cette transformation prochaine de l'armement, une circulaire ministérielle du 8 septembre 1879 a fixé les nouvelles bases de l'approvisionnement en munitions des différents corps de troupe, soit en temps de paix, soit sur pied de guerre. La *Revue* a déjà donné, dans la livraison d'octobre (1), les principales dispositions contenues dans cette circulaire.

D'après cela, la répartition des approvisionnements en munitions en temps de guerre sera quelque peu modifiée :

Infanterie de ligne et chasseurs.

	RÉPARTITION nouvelle.	RÉPARTITION ancienne.	
1° Dans les cartouchières et dans le sac. (Sous-officiers : 20 cartouches) (2).	70	72	Cartouches par hommes.
2° Dans les caissons à cartouches de bataillon	52,5	35	
3° Aux parcs divisionnaires de munitions.	22,5	30	
4° Aux parcs de munitions d'armée	6	8	
5° Aux parcs de réserve de munitions d'armée	22,5	30	
6° Aux dépôts de campagne de munitions d'armée	45	60	
Total	218	235	
7° Réserve en munitions non confectionnées	70	72	
Total général	288,5	307	

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. IV, p. 122 ; t. VI, p. 338 et 452 ; t. VII, p. 284 ; t. X, p. 379, 452 ; t. XII, p. 567, et t. XIV, p. 420.

(2) Jusqu'ici ils en avaient eu 24.

L'approvisionnement sur le champ de bataille se trouvera donc porté, grâce au deuxième caisson de bataillon, à 145 cartouches par homme au lieu de 137.

Troupes techniques (génie et pionniers).

	RÉPARTITION nouvelle.	RÉPARTITION ancienne.
1° Dans les cartouchières et dans le sac. . . . (Sous-officiers : 20 cartouches.)	30	36
2° Aux parcs de munitions de corps d'armée. .	15	20
3° Aux parcs de munitions d'armée	6	8
4° Aux parcs de réserve de munitions d'armée.	15	20
5° Aux dépôts de campagne de munitions d'armée	22,5	30
Total . . .	88,5	114

Cavalerie.

	CARTOUCHES de carabine.		CARTOUCHES de revolver [1].
1° Dans les cartouchières	50	54	30
2° Dans les caissons à cartouches de chaque division	7,5	9	9
3° Aux parcs de munitions d'armée . .	6	8	8
4° Aux parcs de réserve de munitions d'armée	6	8	8
5° Aux dépôts de campagne de munitions d'armée	9	12	12
Total. . . .	78,5	91	67
6° Réserve en munitions non confectionnées	50	54	30
Total général . .	128,5	145	97

Ces chiffres se rapportent aux régiments qui font partie de divisions indépendantes. Les régiments de cavalerie appartenant aux corps d'armée n'ont pas de caissons à cartouches; ils se réapprovisionnent aux parcs de corps d'armée et ne s'adressent pas au parc de munitions d'armée; ils ont, à une cartouche près, la même quantité de munitions.

Division d'infanterie indépendante.

Lorsque l'on forme des divisions d'infanterie indépendantes, les troupes ne se réapprovisionnent plus aux parcs

[1] Rien n'a été changé pour les cartouches de revolver.

de munitions d'armée; l'approvisionnement du parc divisionnaire est alors renforcé; il contient :

30	cartouches par	fusil d'infanterie,
15	—	— des troupes techniques,
35	—	carabine de cavalerie,
18	—	revolver.

(*Revue militaire de l'étranger.*)

Hollande : L'artillerie à cheval. — Nous tirons du *Militaire Spectator*, les renseignements suivants : Une batterie à cheval se compose, en Hollande, de 120 hommes, dont deux tiers de rengagés et un tiers tombant au sort. Les premiers restent au service pendant deux ans à partir du 1er mai, les seconds restent pendant un an et demi, à partir du mois d'octobre.

On met six mois pour instruire les recrues.

En temps de paix, la batterie comprend, en été, 40 hommes, dont 24 instruits et 16 recrues ; en hiver, 48 hommes, dont 40 instruits et 8 recrues.

En supposant par batterie 8 engagés volontaires chaque année, et tenant compte des non-valeurs (ordonnances, tailleurs, etc.), on arrive à un effectif de 38 hommes disponibles en été et 22 en hiver, desquels il faut encore retrancher un tiers ou un quart pour le service de garde.

En somme, on ne peut disposer en hiver que de 27 à 17 hommes, c'est-à-dire qu'une batterie ne peut équiper que 3 pièces en hiver et 2 pièces en été.

Cet état de choses est peu satisfaisant, et ces effectifs suffisent d'autant moins qu'il faut constamment soigner et promener les chevaux.

Or, une batterie possède 85 chevaux, dont 42 seulement sont employés pour les manœuvres et l'instruction des recrues. Restent donc 43 chevaux pour lesquels on est forcé de distraire du service un certain nombre d'hommes.

Jusqu'ici, les inconvénients de cette situation ont pu être tolérés, parce que les rengagés restaient un peu plus de

deux ans sous les drapeaux, et ne quittaient guère le service avant le mois de juillet.

Aujourd'hui, la chose n'est plus possible; on pourrait, pour parer à ces inconvénients, établir un dépôt de l'artillerie à cheval qui serait à la fois un dépôt de remonte et une école d'instruction. Ce dépôt serait composé d'une batterie qui, en temps de paix, instruirait les cadres de l'artillerie à cheval et qui, en cas de guerre, recevrait rapidement le matériel nécessaire pour entrer en campagne.

Actuellement, lorsqu'on veut, pour l'instruction des officiers et des troupes, réunir et faire manœuvrer une batterie complète, on souffre extrêmement du manque de cadres. On est obligé, en effet, de réunir les hommes appartenant à deux ou trois batteries différentes pour en former un tout qui manque d'homogénéité et qui sera commandé aujourd'hui par le capitaine A, demain par le capitaine B, etc. On voit quelles sont les conséquences d'un tel état de choses. L'instruction ne saurait être poussée avec zèle, car chacun s'en désintéresse ; aucun des officiers qui commandent successivement ne songe à se croire responsable des progrès des hommes ; ils songent, au contraire, à se dégager toujours, « à être couverts », comme ils disent. Ils finissent par s'habituer à ne vouloir rien entreprendre sans ordre et à perdre ainsi tout sentiment d'autonomie et d'initiative. Vienne la guerre, on n'aura plus toujours sous la main un chef à qui l'on demandera des ordres, il faudra agir et alors on sentira tout le poids de sa propre insuffisance.

Il est donc à souhaiter que chacun puisse avoir un commandement constant et effectif en rapport avec son grade, et qu'on forme des batteries autrement constituées que celles que nous avons aujourd'hui.

Quant à l'instruction, elle doit être telle qu'en temps de guerre, la batterie à cheval sache marcher rapidement, prendre position d'une manière judicieuse, élever des retranchements rapides, et enfin diriger un bon tir sur l'ennemi.

Nous avons une école de tir qui rend de grands services en formant des cadres et des officiers. Nous devons créer une école d'artillerie qui serve à former non-seulement l'artillerie de forteresse, mais encore l'artillerie de campagne et l'artillerie à cheval.

(*Deutsche Heeres-Zeitung.*)

Hollande : Les forts Erfprins et du Harssens dans la position du Helder. — L'*Algemeen Handelsblad* du 22 septembre dernier publiait au sujet du premier de ces forts les indications suivantes :

« Le ministre de la guerre a donné l'ordre d'armer le front de mer du fort Erfprins appartenant à la position du Helder, avec 12 canons de 24^{c} déposés depuis deux ans près du chemin de communication, récemment achevé, qui relie le fort au Helder. La mise en batterie d'aussi lourdes pièces à une grande distance de la place où elles sont actuellement exige beaucoup de préparatifs et de temps. On ne peut donc qu'approuver une mesure dont l'exécution était difficile avant l'achèvement du chemin de communication.

« L'expérience des dernières guerres permet, en effet, de s'attendre à ce qu'une flotte ennemie cherchera à forcer le passage jusqu'à la rade, avant même la déclaration de guerre, ou bien, immédiatement après.

« En retardant l'armement des batteries de côte jusqu'au moment où la guerre menace d'éclater, on risquerait fort de ne pas être prêt à temps. »

D'après les renseignements donnés par la feuille précitée, à la date du 19 septembre dernier, le fort à coupoles sur le Harssens qui défendra la rade de Nieuwediep devra être entièrement achevé le 1er août 1880; au 1er février prochain, la construction s'élèvera à 2 mètres au-dessus du niveau de la mer à marée haute. Rien ne serait encore décidé en ce qui concerne l'armement des coupoles, et il se pourrait que les pièces de 30^{c},5 dont on avait fait choix d'abord, fussent

remplacées par d'autres ; la solution dépendra, en grande partie, de l'avis qu'émettra la Commission d'officiers d'artillerie et du génie qui étudie en ce moment cette question en Allemagne.

(*Revue militaire de l'étranger.*)

Perse : L'artillerie de campagne. — Sur la demande du Shah de Perse, le gouvernement russe a fait fabriquer un assez grand nombre de canons légers de campagne. Dès que ce matériel sera achevé, il sera transporté à Téhéran, où plusieurs officiers russes doivent se rendre afin d'organiser l'artillerie persane.

(*Army and Navy Journal.*)

Russie : Budget de l'artillerie pour 1880. — D'après le rapport du ministre de la guerre, le budget affecté à l'entretien et à l'accroissement de l'artillerie de campagne et de forteresse sera de 19 millions de roubles (50 millions de francs environ) pour 1880.

Le général Miliutine mentionne en outre qu'il s'efforce de rendre la Russie complétement indépendante des autres puissances au point de vue de la fabrication des canons ; dans ce but, la fonderie impériale d'Oboukoff, près de Saint-Pétersbourg, a été pourvue de tous les moyens matériels pouvant lui permettre de se passer des services de la maison Krupp pour l'exécution des canons de gros calibre. Du reste, grâce aux prises opérées sur les Turcs dans la dernière campagne, la Russie possède plus de canons Krupp que n'importe quelle autre puissance européenne.

(*The Army and Navy Gazette.*)

NÉCROLOGIE.

L'artillerie française a été cruellement éprouvée pendant le mois de novembre. Elle a perdu le général de brigade de Blois de la Calande, du cadre de réserve, le colonel Amaudric du Chaffaut, commandant le 17e régiment d'artillerie, et, enfin, le général de division Vasse-Saint-Ouen, membre du Comité de l'artillerie.

La *Revue d'artillerie* a la douloureuse mission de rendre un dernier hommage aux trois chefs éminents que la mort vient de ravir à la vénération et à l'estime de tous leurs subordonnés, et dont l'existence entière est un modèle de dévouement, de travail, d'abnégation et de patriotisme.

LE GÉNÉRAL DE BRIGADE DE BLOIS DE LA CALANDE.

Né à Ploujean (Finistère), le 14 octobre 1801, le général de Blois de la Calande (Étienne-Gabriel) fut admis à l'École polytechnique en 1820. Il débuta dans l'artillerie par les fonctions de sous-lieutenant au 1er régiment d'artillerie à pied, le 16 février 1825, et fut mis, quelques jours après, à la disposition du directeur d'artillerie à Brest. Lieutenant en 1826, il se rendit en Afrique en 1830, assista au débarquement et prit part à l'affaire de Sidi-Kalef et au siége d'Alger. Capitaine le 18 septembre 1831, il fut classé à la manufacture d'armes de Saint-Étienne, puis à celle de Maubeuge, et, enfin, nommé adjoint aux forges de l'Ouest, à Rennes. En 1837, il était désigné pour faire le service au 4e régiment d'artillerie, et, nommé à la 1re classe de son grade, le 13 février 1839, il recevait le commandement de la 2e batterie de ce régiment. Le général de Blois fut nommé chevalier de la légion d'honneur le 19 avril 1843 et classé à l'état-major particulier de l'artillerie, en 1844, pour remplir les fonctions d'inspecteur des armes de la garde nationale de la Seine. En septembre 1848, il retournait à Brest comme adjoint à la direction

et reprenait, sur l'armement des côtes, les études importantes qui l'ont mis à même de rendre de si utiles services tant à Brest que, plus tard, à Toulon. Chef d'escadron le 1er février 1849, et maintenu à la direction de Brest en qualité de sous-directeur, il conserva ce poste en devenant lieutenant-colonel le 1er février 1854. Au mois d'août suivant, le général de Blois s'embarquait pour la Crimée, prenait part à la guerre d'Orient en qualité de sous-directeur du parc de siége, et recevait la croix d'officier de la Légion d'honneur le 29 décembre. Colonel le 12 avril 1855, il rentrait en France, était nommé directeur d'artillerie à Toulon, puis élevé au grade de commandeur de la Légion d'honneur le 7 août 1859 et enfin décoré, le 23 avril 1861, de la croix d'officier de l'ordre des Saints-Maurice et Lazare de Sardaigne.

Le général de Blois a puissamment contribué à l'organisation défensive de nos côtes sur la Méditerranée. C'est pourquoi ses importants services furent récompensés, le 12 août 1861, par les épaulettes de général de brigade. En cette qualité, il prit le commandement de l'artillerie de la 9e division militaire et, le 9 janvier 1862, fut appelé au commandement de l'artillerie en Algérie.

Atteint par la limite d'âge, le général de Blois fut admis au cadre de réserve le 15 octobre 1863, mais il ne quitta le service militaire actif que pour reprendre les travaux bibliographiques par lesquels il s'est illustré et qui resteront comme un puissant enseignement.

Malgré son grand âge, les fatigues contractées pendant ses campagnes d'Afrique et d'Orient, le général de Blois se mit à la disposition de la France dès le début de la guerre de 1870. Le 15 août, il prit le commandement de l'artillerie dans la 8e division militaire et fut chargé, le 21 septembre, d'organiser et de commander l'artillerie du 15e cor

Agé de soixante-dix ans, le général de Blois
lut pas prendre une heure de repos; toui
des troupes, il partagea leurs angoisses et

épreuves, et par son énergie, soutint constamment le moral de ses compagnons d'armes. Le 3 janvier 1871, il fut nommé au grade de grand-officier de la Légion d'honneur, et ne consentit à se reposer que le 7 mars 1871, alors qu'il n'y avait plus aucun effort à tenter.

Le général de Blois a laissé de nombreux écrits, et il est peu de sujets que son esprit, si profond et si perspicace, n'ait abordé avec une autorité magistrale et une compétence à laquelle les officiers français et les principaux écrivains militaires étrangers ont rendu un constant hommage. Voici, par ordre chronologique, la liste de ceux de ses travaux qui ont été publiés.

En 1848, il écrivait son *Traité des bombardements,* qui renferme un grand nombre d'idées fort justes de la plus grande valeur. Nous citerons ici un fragment de la préface et des conclusions de ce remarquable ouvrage.

Dans la préface, le général de Blois expose comment il a été conduit à entreprendre cette étude.

« Il a remarqué que les divers écrivains militaires qui réprouvent le système des bombardements, les accusent tout à la fois de barbarie et d'inefficacité ; il lui a semblé que ces reproches s'excluaient l'un l'autre, et que les jugements sévères de ces auteurs pouvaient être entachés d'erreur et soumis à une révision. Il s'est, en conséquence, livré à quelques recherches dans le but de se former une opinion consciencieuse, et il regarde comme un devoir envers son pays d'en faire connaître les résultats, qui sont en opposition complète avec les idées reçues. »

Et, dès le début de son *Traité,* il pose des conclusions qui sont un excellent résumé de l'ouvrage entier :

« L'objet que nous nous proposons dans le cours de cet ouvrage est d'étudier le système des bombardements et de constater les avantages que l'on en peut tirer pour la réduction des places. Quoique nous ne rappellions pas tous les faits de ce genre qui eurent lieu dans les guerres les plus modernes, nous en citons un assez grand nombre pour pou-

voir en déduire avec certitude les conséquences suivantes :

1° Les bombardements ne sont pas, comme on l'a dit, tombés en désuétude, puisque nous en trouvons des exemples continus depuis 1792 jusqu'en 1814.

2° Quand une ville est bombardée avec des moyens vigoureux et convenables, très-peu de jours sont nécessaires pour la détruire de fond en comble, et il est fort rare qu'elle pousse la résistance jusqu'à cette extrémité.

3° Les mesures que l'on conseille dans les cours d'attaque et de défense pour s'opposer aux ravages des projectiles incendiaires, sont complétement insuffisantes. Il est impossible d'arrêter les progrès du feu sous une grêle de bombes et d'obus.

4° Les bombardements nous rendent maîtres des places avec une bien moins grande perte de temps, de munitions et de sang humain que les siéges méthodiques.

5° Nous attirerons aussi l'attention de nos lecteurs sur les graves inconvénients qui résultent, sous le point de vue de la défense du territoire, de l'ignorance entière dans laquelle on tient les jeunes officiers sur les dangers très-réels qu'entraîne ce genre d'attaque; nous verrons que cette ignorance à causé la chute d'un grand nombre de forteresses.

6° Enfin, nous chercherons à défendre le système des bombardements contre l'injuste réprobation dont on a voulu le flétrir, en considérant son emploi comme un acte de barbarie. »

Un an après, en 1849, le général de Blois faisait paraître, sur le même sujet, une brochure intitulée *Bombardement de Schweidnitz par les Français, en* 1807.

Ce n'est que seize ans plus tard, en 1865, que le général reprenait le cours de ses écrits en livrant à la publicité son important ouvrage : *De la Fortification en présence de l'artillerie nouvelle,* qui ne comprend pas moins de deux volumes. Le général de Blois avait été récemment admis au cadre de réserve, et les loisirs que lui créait sa nouvelle situation lui permettaient de développer, dans de nouveaux

ouvrages, les théories qu'il avait exposées, en 1848, dans son *Traité des bombardements*.

En 1867, peu de temps après que la Conférence de Londres eut décidé que le grand-duché de Luxembourg serait neutre et que la forteresse serait évacuée, démantelée et transformée en ville ouverte, le général de Blois, dans sa brochure : *Influence de la fortification sur la puissance et la stabilité des empires*, établissait qu'on doit peu compter sur l'obstacle opposé par la neutralité d'un faible État qui sépare deux puissantes armées prêtes à en venir aux mains, et, dans l'impuissance où se trouve la France de se fortifier à l'extérieur, insistait sur la nécessité de suivre le conseil de Rogniat et de compléter l'œuvre commencée en 1840, en construisant de bonnes forteresses à l'intérieur, c'est-à-dire dans la surface comprise entre Paris et la zone frontière. Dans cette brochure, le général de Blois préconisait l'établissement de grands camps retranchés, avec la ville comme noyau, non plus enserrée dans une fortification devenue inutile, mais pouvant prendre désormais un développement nécessaire à la prospérité générale, et garantie par une ceinture de forts détachés à 4 ou 5 kilomètres de la place. Les emplacements de ces centres de résistance étaient judicieusement choisis d'après les considérations géologiques et le tracé des voies ferrées.

Plusieurs notes et brochures écrites de 1867 à 1869 ont trait à une polémique engagée entre le général de Blois et *un vieil officier du génie* (1), à propos des principes de la fortification et des travaux du général Brialmont.

En 1867, le général de Blois offrait au président du Comité de l'artillerie un mémoire qui n'a pas été imprimé, et dont une copie existe aux archives du Dépôt central de l'artillerie. Ce mémoire (*l'Artillerie en temps de paix*) est une étude remarquable de la situation du corps de l'artillerie, de ses besoins, de son rôle en temps de paix et des services

(1) Le général F. Prévost.

constants qu'il a rendus. Le général de Blois se montre, dans ce nouvel écrit, comme dans les précédents, soucieux au plus haut degré des intérêts de l'arme au progrès de laquelle il a voué toutes ses pensées.

Nous avons dit, en énumérant les états de service du général de Blois, quel avait été son rôle pendant la guerre de 1870-1871. Rentré dans ses foyers, le général, malgré son grand âge, ses fatigues extrêmes, et l'inaltérable dévouement dont il avait donné des preuves constantes, ne croyait pas encore avoir achevé sa tâche ; aussi publiait-il, en 1871, sous le titre : *l'Artillerie du* 15e *corps pendant la campagne de* 1870-1871, le récit des pénibles épreuves qu'eut à subir l'artillerie du 15e corps. S'effaçant toujours, le général de Blois énumérait les efforts de tous, sauf les siens, et passait toujours sous silence les éminents services qu'il avait personnellement rendus, reportant tout l'honneur et tout le mérite sur ses subordonnés.

« On peut affirmer, écrit-il, que, dans le cours de cette guerre, les officiers de tous grades, les sous-officiers, ainsi que les jeunes canonniers, ont honorablement rempli leur devoir et ont mérité des éloges, soit pour leur constance à supporter les privations, les frimas et les revers, soit pour le courage dont ils ont fait preuve sur les champs de bataille de Coulmiers, d'Orléans et de Montbéliard.

«Un personnel aussi brave, aussi dévoué, a dû, naturellement, rendre bien facile la tâche du commandement ; cette circonstance permet d'expliquer comment le chef de cette artillerie, au déclin de ses jours et après sept ans passés au cadre de réserve, a pu, avec l'aide de Dieu, conserver assez de forces physiques et morales pour supporter jusqu'au bout les fatigues et les soucis de cette rude campagne. »

Le général de Blois s'est éteint, à Brest, le 1er novembre 1879, au moment où il dictait encore de nouveaux conseils à ses jeunes compagnons d'armes, donnant, jusqu'à son dernier soupir, les preuves du patriotisme le plus ardent.

LE COLONEL AMAUDRIC DU CHAFFAUT.

Le colonel Amaudric du Chaffaut, commandant le 17e régiment d'artillerie, a succombé, le 11 novembre 1879, au château de Jovyac, commune de Rochemaure (Ardèche).

Le colonel Amaudric du Chaffaut (Étienne-Albert), né à Digne (Basses-Alpes), le 11 novembre 1824, entrait à l'École polytechnique en 1843. Lieutenant en 1847, il s'embarquait, le 9 avril 1854, pour l'armée d'Orient et était nommé chevalier de la Légion d'honneur le 21 octobre suivant; promu capitaine quelques jours après, le 29 décembre, il était mis à la disposition du général commandant l'artillerie de l'armée d'Orient.

Le colonel du Chaffaut ne rentrait en France que le 28 mai 1856, après avoir assisté au siége de Sébastopol. Classé comme adjoint à la poudrerie de Toulouse, il ne restait que peu de temps en France et passait en Afrique où il restait en 1858 et 1859.

Le 26 novembre 1859, le colonel du Chaffaut se rendait directement d'Algérie en Chine, puis en Cochinchine et prenait part à ces lointaines expéditions, d'abord adjoint à l'état-major de l'artillerie, puis adjoint au parc, et enfin, commandant une batterie du 14e régiment d'artillerie monté. Le 26 février 1861, le colonel du Chaffaut était cité à l'ordre de l'armée, par le vice-amiral Charner, pour sa belle conduite dans les journées du 24 et du 25 à l'attaque des forts de Kihoa en Cochinchine. La croix d'officier de la Légion d'honneur lui était décernée peu de temps après, le 22 mai, et il recevait, le 9 mai 1862, en débarquant sur le sol natal, la croix de chevalier de l'ordre d'Isabelle la Catholique d'Espagne. Le colonel du Chaffaut était promu chef d'escadron le 4 février 1865, et prenait part, en cette qualité, à la guerre de 1870. A son retour de captivité, il était attaché à la réserve d'artillerie de l'armée de Versailles.

Le colonel du Chaffaut fut nommé lieutenant-colonel le 17 septembre 1873 et, le 20 décembre 1875, promu colonel, il était appelé au commandement du 17e régiment d'artillerie, où il s'attira, comme partout, l'estime, le respect et l'affection de tous. Sa mort a laissé dans l'artillerie de vifs et unanimes regrets. Chacun avait su apprécier ses brillantes qualités militaires, sa profonde modestie, son extrême bienveillance envers tous ses subordonnés. Doué d'une grande activité et d'une force d'âme peu commune, le colonel du Chaffaut a conservé, jusqu'au dernier jour, le commandement de son régiment, malgré les souffrances occasionnées par la terrible maladie dont il avait contracté le germe sous le climat meurtrier de la Cochinchine, et qui a causé sa mort au moment où tout faisait espérer que sa carrière militaire allait se continuer de la manière la plus brillante.

Le colonel du Chaffaut étant décédé au château de Jovyac, l'éloignement a empêché son régiment d'assister à ses funérailles. Le colonel et les officiers du 6e régiment d'artillerie, en garnison à Valence, ont tenu à se rendre aux obsèques, pendant que le 17e régiment d'artillerie faisait célébrer à La Fère un service funèbre en l'honneur de son regretté colonel.

LE GÉNÉRAL DE DIVISION VASSE SAINT-OUEN.

M. le général de division Vasse Saint-Ouen, membre du Comité de l'artillerie, est mort subitement à Paris, le 21 novembre 1879.

Fils d'un consul de France dans le Levant, le général Vasse Saint-Ouen (Henry-Charles-Ferdinand), naquit à l'île de Candie (Grèce), le 24 septembre 1820; il entra à l'École polytechnique en 1840.

Lieutenant d'artillerie en 1844, il fit ses premières armes en Afrique en 1845 et 1846; promu capitaine en 1850, il fut attaché successivement à la direction d'artillerie de Grenoble, au service des poudres et, enfin, à la direction de Paris, puis, classé à une batterie du 1er régiment en 1854; quelques mois après, il prit part à l'expédition de la Baltique en qualité d'adjoint au commandant de l'artillerie du corps expéditionnaire. Le général Vasse Saint-Ouen assista au siége et à la prise de Bomarsund et, à peine rentré en France, fut nommé adjoint au directeur du parc de siége de l'armée d'Orient. Chevalier de la Légion d'honneur le 5 septembre 1854, il resta en Crimée jusqu'à la fin du siége de Sébastopol, et y fut décoré de l'ordre du Medjidié; passé à la 1re classe de son grade, il revint en France prendre le commandement d'une batterie de l'artillerie de la garde impériale.

Promu chef d'escadron en 1861, le général Vasse Saint-Ouen s'embarqua le 31 août 1862 pour le Mexique, et ne rentra de cette longue expédition que le 11 avril 1867. Pendant ces cinq années, le général avait rempli les fonctions de directeur du parc, et, malgré sa nomination au grade de lieutenant-colonel, le 4 février 1865, il avait tenu à rester avec ses compagnons d'armes. Ses brillants services pendant la longue et périlleuse campagne du Mexique avaient été récompensés par la croix d'officier de la Légion d'honneur, le 25 mai 1863, et par celle de comman-

deur de l'ordre mexicain de Notre-Dame de Guadalupe, le 13 juin 1867. A son retour du Mexique, le général Vasse Saint-Ouen fut appelé au Dépôt central de l'artillerie et devint secrétaire de la Commission de défense des côtes. Promu colonel le 3 août 1869, il commanda d'abord le 13e régiment d'artillerie monté, et prit quelques mois après, le 2 avril 1870, les délicates fonctions de secrétaire du Comité de l'artillerie.

Chef d'état-major général de l'artillerie de l'armée du Rhin, fait prisonnier à Metz, rapatrié le 16 mars 1871, le général Vasse Saint-Ouen fut placé à la tête du 9e régiment, le 1er avril suivant. Il garda ce commandement jusqu'au 27 février 1872, époque à laquelle le ministre fit appel à ses rares qualités d'organisateur et de travailleur infatigable, en lui confiant les fonctions de chef du service du matériel de l'artillerie et des équipages militaires au ministère de la guerre. Le général Vasse Saint-Ouen rendit les plus grands services dans ce nouveau poste qu'il garda pendant dix-huit mois, en pleine période de réorganisation, et devint, le 12 octobre 1873, chef d'état-major du général de division commandant la place de Paris. Sur le point d'être promu au grade de général de brigade, il était chargé provisoirement du commandement de l'artillerie du 17e corps, le 4 mai 1874; le 6 août suivant, il devenait général et quelques jours après, le 17 août, il était appelé à commander l'artillerie du 19e corps. Promu, le 30 mars 1878, général de division, il vint siéger au Comité de l'artillerie.

Particulièrement apte à s'assimiler les questions les plus ardues, profondément travailleur, et joignant à une très-grande érudition, un jugement des plus droits, le général Vasse Saint-Ouen, en dehors de ses fonctions au Comité de l'artillerie, aux travaux duquel il prenait part avec un zèle qui ne s'est jamais ralenti, fut successivement désigné par le ministre de la guerre pour faire partie, comme président ou comme membre, de nombreuses et impor-

tantes commissions. C'est ainsi qu'il collabora très-activement aux travaux des commissions chargées de reviser les différents règlements militaires : service en campagne, service des places, service intérieur, etc., et qu'il fut appelé successivement à faire partie du conseil de perfectionnement de l'École militaire supérieure et du conseil des travaux de la marine.

Le général Vasse Saint-Ouen était, en outre, inspecteur général permanent des travaux de l'artillerie pour l'armement des côtes. Ces fonctions lui étaient facilitées par ses études antérieures et la variété de ses connaissances.

Il fallait être doué, comme l'était le général Vasse Saint-Ouen, pour pouvoir suffire à une telle multiplicité de labeurs.

C'est au moment où il rendait les services les plus éminents, que la mort est venue le frapper soudainement dans toute la force de l'âge et dans toute la plénitude de son intelligence.

Aussi, les officiers d'artillerie de Paris et des environs ont-ils tenu à lui rendre les derniers honneurs, et, déplorant la perte que fait le corps de l'artillerie dans la personne du général Vasse Saint-Ouen, ils exprimaient les profonds regrets qu'ils éprouvaient de la mort de l'homme modeste, juste, affable, et constamment soucieux des intérêts de ses subordonnés, sous les ordres duquel un grand nombre d'entre eux avaient eu l'honneur de servir.

Sur la tombe, le général de division baron de Berckheim, président du Comité de l'artillerie, assisté des représentants des ministres de la guerre et de la marine, a prononcé d'une voix émue, les paroles suivantes qui ont trouvé un écho dans le cœur de tous les assistants :

« L'armée vient de perdre un de ses officiers généraux les plus distingués. Voici ses états de service :

« Né en 1820 à l'île de Candie, entré à l'École polytechnique en 1840, Vasse Saint-Ouen fit ses premières armes en Afrique, lors de la dernière grande levée de boucliers d'Abd-el-Kader, en 1845 et 1846.

« Nommé capitaine en 1850, il prit une part active aux campagnes de la Baltique et de Crimée. Sa brillante conduite fut récompensée par la croix de la Légion d'honneur et une proposition pour l'artillerie de la garde où il resta jusqu'au grade de chef d'escadron.

« En 1862, nous le retrouvons au Mexique. Pendant 5 ans, il y rend des services éminents, et, nommé lieutenant-colonel, il refuse de rentrer en France, voulant partager jusqu'à la fin, les fatigues et les dangers de ses compagnons d'armes.

« Colonel en 1869, Vasse Saint-Ouen occupa en 1870 le poste si important de chef d'état-major de l'artillerie de l'armée du Rhin.

« Là, pour la première fois, le vaillant soldat connut la douleur d'un revers et celle, plus amère encore, de la captivité.

« Après la guerre, ce noble cœur voua tout ce qu'il avait de force, d'énergie et de talents à la grande œuvre de la réorganisation de l'artillerie, soit comme colonel directeur au ministère, soit comme général de brigade, commandant l'artillerie du 17e puis du 19e corps, soit enfin comme général de division. Membre du Comité de l'artillerie, il en fut jusqu'au jour de sa mort, un des collaborateurs les plus instruits, les plus actifs et les plus utiles.

« Chaque fois qu'il se présentait une question délicate à traiter, une mission difficile à remplir, on faisait appel aux lumières, à la puissance de travail et au dévouement du général Vasse. C'est ainsi qu'en sus des nombreux travaux du Comité, le ministre avait chargé cet officier général de l'inspection permanente de l'armement des côtes, et l'avait nommé membre des jurys de classement de l'École supérieure de la guerre et du conseil des travaux de la marine.

« Frappé d'une mort foudroyante, la veille même du jour marqué pour une double fête de famille, ce général de division de 59 ans est mort debout dans toute la plénitude de ses hautes facultés.

« Aussi, la belle figure militaire du général Vasse restera vivante dans la mémoire de la grande famille de l'artillerie française, et sa noble carrière servira d'exemple aux jeunes générations, de même qu'aux fils se transmet le souvenir de la vertu des pères.

« Adieu, cher camarade, tu as rempli en digne soldat ta tâche d'ici-bas; puisse Dieu recevoir en paix ton âme immortelle ! »

Le gérant : Ch. Norberg.

ARTILLERIE ITALIENNE

(Extraits du *Giornale di Artigliera e Genio.*)

MATÉRIEL DE CAMPAGNE

EXPÉRIENCES EXÉCUTÉES POUR L'ADOPTION DU CANON DE 9e ARC (RET).

Préliminaires.

En janvier 1877, la *Revue d'artillerie* a déjà publié, d'après le *Giornale di artigliera e genio,* un compte rendu sommaire des études entreprises en Italie dès 1872, pour l'adoption d'un canon de campagne destiné aux batteries lourdes (1). Comme on le sait, ces études n'ont pas abouti à la création d'une bouche à feu nouvelle et l'artillerie italienne dut se décider, vers la fin de l'année 1874, à commander à l'usine Krupp des canons de 8c,7 en acier frettés. Convaincus, en effet, par les essais qu'ils avaient faits jusque-là, que des canons en bronze ordinaire ne pouvaient acquérir une puissance et une justesse de tir satisfaisantes sans dépasser les limites de poids fixées pour un matériel de campagne, les artilleurs italiens se voyaient forcés de renoncer à l'emploi du bronze et de demander à l'étranger le nouveau métal à canon qui ne pouvait leur être fourni par l'industrie métallurgique de leur pays.

Voici, d'après le même journal italien, le compte rendu

(1) Voir *Revue d'artillerie,* t. IX, p. 357.

des expériences auxquelles furent soumises les bouches à feu Krupp avant leur adoption définitive.

La comparaison des différents canons lourds en service chez les principales puissances européennes, ayant à cette époque (1874) montré aux Italiens la supériorité, sur tous les autres, du canon de $8^c,8$ prussien, modèle 1873, des négociations furent entamées avec la maison Krupp pour la fourniture de deux canons de ce modèle avec quelques centaines de coups pour les expériences de tir.

Si l'usine Krupp ne se montrait pas disposée à fournir des canons du modèle prussien, ou d'un type peu différent qui donnât les mêmes résultats de tir, on devait lui proposer la construction de deux canons d'acier de $8^c,5$, semblables comme tracé intérieur au canon de bronze de ce calibre qui avait été expérimenté précédemment en Italie.

Ce canon avait lancé un obus de $6^k,750$ avec une vitesse de 463 mètres. Le poids du projectile par centimètre carré de section étant de 123 grammes, la force vive initiale était de $73^{t.m.},9$, et, par conséquent, sensiblement égale à celle du projectile prussien (1).

Afin d'avoir, au moment de l'adoption définitive de la bouche à feu, tous les éléments nécessaires pour organiser dans les établissements italiens la fabrication des projectiles et de la poudre appropriée au nouveau canon, on avait préparé un programme des expériences que l'on se proposait d'exécuter au polygone de Cirié (près Turin) avec le canon en acier de $9^c,15$ qui avait été fourni précédemment par Krupp et qui avait servi, concurremment avec les canons en bronze de $8^c,5$ et $9^c,5$, pour les premiers essais relatifs à l'étude d'un canon lourd.

Pendant ce temps, les premiers pourparlers avec l'usine Krupp avaient conduit aux résultats suivants :

1° L'usine Krupp n'était pas disposée à fournir des canons semblables au canon de $8^c,8$, modèle 1873, réglemen-

(1) Canon lourd allemand, modèle 1873. Poids de l'obus 7 kil., poids par centimètre carré de section de l'obus $115^{gr},1$, vitesse initiale 444 mètres.

taire en Prusse. Elle ne pouvait donner que des canons de 8c,7 du modèle qu'elle avait fait expérimenter en Autriche en 1873 (1), ou tout autre canon d'un modèle différent de celui du canon prussien.

2° L'usine Krupp désirait que les expériences fussent exécutées au polygone de Dülmen, plutôt qu'en Italie, par une commission d'officiers de l'artillerie italienne.

3° Si l'on se décidait à expérimenter deux canons approvisionnés à 500 coups (obus ordinaire pour les tirs de justesse, obus à double paroi pour les tirs de guerre), elle se chargeait de livrer ces bouches à feu et leurs munitions dans les quatre mois qui suivraient la commande.

4° En cas d'adoption du type expérimenté, l'époque à laquelle pourrait commencer la fabrication ne serait précisée qu'au moment de la signature du contrat ; la livraison des canons commencerait cinq mois après la mise en train de la fabrication et serait achevée dans l'espace de trois mois.

5° Dans le cas où le gouvernement italien serait disposé à faire de suite une commande de 400 canons, en réservant pour la fin des expériences le choix du type définitif, l'usine Krupp pourrait entreprendre immédiatement les premiers travaux préparatoires. En supposant que les expériences fussent achevées au mois de mai 1875, la livraison des pièces pourrait commencer en juin et être terminée en septembre de la même année.

En même temps, l'usine Krupp envoyait le tableau suivant qui permettait de comparer entre eux le canon lourd prussien et le canon expérimenté en Autriche.

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. V, p. 201 et 218.

TABLEAU.

DONNÉES PRINCIPALES.	CANON prussien de 8c,8.	CANON Krupp de 8c,7.	OBSERVATIONS.
Poids du canon. . . . . kil.	450	487	Jusqu'à 2000m environ, le projectile de 8c,7 n'est pas inférieur en force vive au projectile prussien.
Poids de l'obus chargé .	7,000	6,355	
Poids de l'obus par centimètre carré de section gr.	116	106	Jusqu'à 3000m, les vitesses restantes et les zones dangereuses sont supérieures avec le canon de 8c,7; à 4000m, la puissance du projectile prussien ne l'emporte que de 1/10 sur celle du projetile de 8c,7.
Vitesse initiale. . . . . m.	445	473,4	
Force vive initiale . . . t.-m.	70,5	72,5	
Hauteur de la zone contenant la moitié des coups à 1000m	0,60	0,36	
2000	2,30	1,40	
3000	6,00	4,12	

En admettant l'exactitude de ces renseignements, le canon de 8c,7 sans être sensiblement inférieur comme puissance au canon prussien aux distances ordinaires de combat, lui était notablement supérieur au point de vue de la justesse du tir. L'artillerie italienne se décida donc à entreprendre les essais avec des canons du modèle expérimenté en Autriche.

La nouvelle bouche à feu devant utiliser l'ancien matériel de campagne italien, il fut décidé que l'on enverrait au polygone de Dülmen un affût modèle 1844 ayant subi quelques modifications.

On ne commanda que 250 projectiles du poids de 6k,355, à couronnes de cuivre, et l'usine Krupp s'engagea à fournir 500 ou 600 projectiles semblables aux précédents, mais pesant 6k,800, si les expériences avec les projectiles légers ne donnaient pas les résultats sur lesquels on comptait. Afin de conserver la possibilité d'augmenter le nombre de coups portés par l'avant-train sans dépasser la limite fixée pour le poids total de la pièce à atteler, celui de l'un des canons fut fixé au poids normal de 487 kil., et celui de l'autre dut être réduit à 460 ou 450 kil. Néanmoins les deux bouches à feu devaient être identiques comme forme intérieure et longueur d'âme.

Avant de passer le contrat avec l'usine Krupp, on résolut encore quelques questions secondaires.

1° Les canons essayés en Autriche étaient rayés de gauche à droite, tandis que les canons italiens en service étaient rayés en sens inverse. Afin de ne point avoir dans le service des bouches à feu rayées en sens contraire, ce qui pouvait occasionner des erreurs, il fut décidé que la rayure tournerait de droite à gauche.

2° La longueur de la ligne de mire fut fixée à 1 mètre (sur le canon essayé en Autriche, elle n'avait que $0^m,90$) afin de faciliter l'emploi des données les plus importantes du tir et le calcul des corrections relatives au pointage.

3° On adopta pour la hausse et le guidon les mêmes dispositions que pour le canon de 7c, en vertu du principe d'uniformité qui, dans les questions de matériel, doit toujours être respecté lorsqu'on n'est pas astreint à des formes et des dimensions toutes spéciales.

4° Il fallait choisir entre l'anneau Broadwell (1) ancien modèle ou l'anneau à cannelures extérieures du système Piorkowski (2), adopté par la Prusse pour son nouveau matériel de campagne. Tout en reconnaissant au dernier de ces obturateurs une plus grande résistance aux déformations, quand il reste à demeure dans son logement, on ne pouvait savoir s'il conserverait cette même supériorité dans le cas où on le logerait dans le coin de fermeture comme pour le canon de 7c. C'est pourquoi on décida que l'un des canons serait muni d'un anneau Broadwell et l'autre d'un anneau Piorkowski.

5° Au lieu d'adopter pour la chambre la même disposition que pour celle du canon de 7c, c'est-à-dire une seule chambre à poudre excentrique, on décida qu'il y aurait deux chambres (une pour la charge, l'autre pour le projectile). Cette disposition, adoptée pour le canon prussien ainsi que pour le canon expérimenté en Autriche, avait l'avantage de ne pas multiplier inutilement pour l'usine

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. I, p. 23, et II, p. 180.
(2) Voir *Revue d'artillerie*, t. V, p. 182; t. VII, p. 298.

Krupp les difficultés de fabrication, par l'adoption d'un nouveau tracé, et par suite d'éviter toute cause de retard.

6° Le diamètre des tourillons, et l'écartement de leurs embases furent fixés de telle façon que la nouvelle bouche à feu pût être montée sur l'affût modèle 1844.

7° Les obus qui devaient être tirés au polygone de Dülmen devant être armés de la fusée Krupp, on n'eut pas à se préoccuper de déterminer le diamètre de l'œil de façon à pouvoir employer les mêmes fusées que pour les projectiles de 7°.

Toutes ces questions une fois résolues, on reprit aussitôt, avec la maison Krupp, les négociations relatives à l'exécution des essais. On arrêta une convention dans laquelle furent fixées les bases du programme d'après lequel devaient être exécutées les expériences au polygone de Dülmen, ainsi que les premiers éléments du projet de contrat devant, en cas de réussite, servir pour la commande de 400 canons conformes au type expérimenté.

En même temps, le programme des expériences fut définitivement arrêté, et la commission nommée par le Ministre.

Il fut décidé que dans le cas où les affûts modèle 1844 viendraient à subir des dégradations difficiles à réparer, ou si l'on avait quelque raison d'attribuer à ces affûts une diminution de la justesse du tir, on continuerait alors les expériences en faisant usage d'affûts en fer que la maison Krupp serait chargée de fournir.

Expériences de Dülmen.

Les officiers italiens, membres de la commission, arrivèrent au polygone de Visbeck, près Dülmen, le 25 mai 1875, et se mirent à l'œuvre dès le lendemain.

Les deux bouches à feu présentées pour subir les essais n'étaient pas du même modèle.

Le canon léger (n° 1), du poids de 450 kil., au lieu

d'être fretté comme ceux du type essayé en Autriche, était manchonné comme les canons prussiens modèle 1873. La ligne de mire avait $1^{m},10$ au lieu de 1 mètre; par suite des dimensions du coin de fermeture, qui étaient un peu plus fortes, à égalité de longueur totale, la partie rayée de l'âme était plus courte de 12 millimètres que dans le canon lourd. Pour cette pièce, on pouvait employer comme obturateur, en outre de l'anneau à cannelures extérieures, conformément à ce qui avait été décidé avec l'artillerie italienne, un second anneau en cuivre sans cannelures extérieures.

Pour le canon lourd (n° 2), du poids de 492 kil., on avait reproduit exactement le modèle essayé en Autriche. Toutefois, suivant qu'il avait été convenu, les rayures tournaient de droite à gauche, et la ligne de mire n'avait que 1 mètre. L'obturateur était un anneau Broadwell.

Les projectiles pesaient $6^{k},355$, les charges renfermaient $1^{k},500$ de poudre.

Les deux canons furent montés sur deux affûts modèle 1844 modifiés, qui se distinguaient l'un de l'autre par quelques différences. Sur le n° 1 qui reçut le canon n° 2, le levier servant à manœuvrer le frein était à droite, l'appareil de pointage à vis double et les siéges avec coffrets, tandis que pour le n° 2, qui portait la pièce n° 1, le levier du frein était à gauche, la vis de l'appareil de pointage simple et les siéges sans coffrets dessous.

Les expériences commencèrent le 26 mai.

Le tableau suivant donne la moyenne des résultats obtenus; on y a ajouté, comme termes de comparaison, les chiffres correspondants fournis par les tables de tir du canon de $8^{c},7$ du modèle expérimenté en Autriche, établies par la maison Krupp, et celles du canon prussien de $8^{c},8$ réglementaire.

TABLEAU.

BOUCHES A FEU.	VITESSE initiale.	FORCE VIVE à des distances de la bouche égales à			ZONE CONTENANT la moitié des coups.					
					Hauteur			Largeur		
		50 mètres.	1 000 mètres.	1 500 mètres.	à 1 026 mètres.	à 1 200 mètres.	à 1 521 mètres.	à 1 026 mètres.	à 1 200 mètres.	à 1 521 mètres.
	mèt.	t.-m.	t.-m.	t.-m.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.
Canon de 8c,7 en essai . . .	451	64,6	33,5	27,6	0,61	0,84	1,15	0,69	0,69	0,87
Canon de 8c,7 expérimenté en Autriche	473	69,4	38,8	31,4	0,38	0,51	0,79	0,55	0,71	1,06
Canon prussien de 8c,8. . .	445	67,5	37,9	31,1	0,62	0,80	1,28	0,72	0,80	1,12

Comme on le voit par l'examen du tableau, les résultats fournis par les pièces en essai étaient non-seulement bien plus faibles que ceux que l'on aurait dû obtenir d'après les tables de tir dressées par la maison Krupp, mais encore sensiblement inférieurs, au point de vue de la puissance, à ceux du canon prussien.

Il fut décidé qu'on exécuterait une nouvelle série d'essais, avec le même projectile de $6^k,355$, mais en portant la charge à $1^k,600$; on se proposait de chercher à atteindre, avec l'obus en essai, la vitesse initiale de 473 mètres inscrite dans les tables, ce qui devait conduire naturellement à avoir une force vive initiale supérieure à celle du canon prussien.

En étudiant ensuite la façon dont cette force vive se conserverait à 1 000 et 1 500 mètres de la bouche à feu, on pourrait être édifié sur la valeur des indications fournies par les tables de tir. En opérant ainsi, on était à peu près sûr de ne pas prolonger indéfiniment les études et les essais à la recherche d'un résultat irréalisable, et on pouvait espérer atteindre, en partie du moins, le but des expériences.

Voici la moyenne des résultats obtenus dans cette deuxième série d'essais, comparés comme précédemment à ceux fournis par les tables de tir des deux autres canons.

TABLEAU.

BOUCHES A FEU.	VITESSE initiale.	FORCE VIVE à des distances de la bouche égales à			ZONE CONTENANT la moitié des coups.			
					Largeur		Hauteur	
		50 mètres.	1 000 mètres.	1 500 mètres.	à 1 026 mètres.	à 1 531 mètres.	à 1 026 mètres.	à 1 531 mètres.
	mètr.	t.-m.	t.-m	t.-m.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.
Canon de 8c,7 en essai.	476,7	71,8	35,7	30,8	0,67	1,16	0,38	0,86
Canon de 8c,7 expérimenté en Autriche.	473	69,4	38,8	31,4	0,38	0,79	0,55	1,06
Canon prussien de 8c,8	445	67,5	37,9	31,1	0,62	1,28	0,72	1,12

Comme on le voit, l'expérience avait pleinement confirmé les prévisions de la commission. La force vive à 50 mètres de la bouche à feu dépassait de deux unités celle indiquée dans les tables de tir du 8c,7 et de plus de quatre celle donnée par les tables du canon prussien. Mais déjà à 1 000 mètres il n'en était plus de même. On pouvait en conclure que la vitesse aussi bien que la puissance du projectile de 8c,7 avaient été beaucoup exagérées, et que, de plus, le canon expérimenté était bien inférieur au canon prussien.

Il semblait donc de prime abord qu'on dût abandonner de suite le projectile léger et aborder sans retard les essais avec le projectile lourd de 6k,800. Toutefois, un examen minutieux des résultats obtenus dans la première série d'essais mettait en évidence une certaine discordance qui pouvait infirmer la valeur réelle de ces conclusions, déduites d'un nombre limité de tirs. En effet, le tableau ci-dessous, dans lequel sont comparées les pertes de vitesse mesurées ou prises dans les tables, montre que la différence de 10 mètres environ à 1 000 mètres disparaît à peu près complétement à 1 500 mètres. On pouvait donc espérer qu'avec une charge supérieure (1k,500) on pourrait atteindre la vitesse initiale indiquée par les tables et arriver à ce que la vitesse restante, à partir de 1 500 mètres, c'est-à-dire aux vraies distances de combat, fût sensiblement égale à celles fournies par les tables.

TABLEAU.

DISTANCES auxquelles la vitesse a été mesurée.	VITESSE obtenue.	PERTE de vitesse.	VITESSE indiquée par la table de tir.	PERTE de vitesse.	DIFFÉRENCES entre les pertes de vitesse.
	mètres.	mètres.			
50	448,1	126,6	463	117	+ 9,6
1 000	321,5		316		
50	445,2	153,8	463	152	+ 1,3
1 500	291,9		311		

Mais si les résultats obtenus montraient clairement que les indications des tables de tir étaient un peu exagérées, ils n'étaient pas suffisants pour donner une idée assez complète de la régularité du tir du canon de 8c,7, car ils présentaient quelques anomalies qui sont mises en relief dans le tableau suivant :

CANON employé (projectile de 6k,355).	POIDS de la charge.	DISTANCE.	HAUTEUR de la zone contenant la moitié des coups			DIFFÉRENCES entre les hauteurs expérimentales et celles des tables de tir	
			d'après l'expérience.	d'après la table de tir du canon de 8c,7.	d'après la table de tir prussienne.	Krupp.	prussienne.
	kilogr.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
N° 1 (léger).	1,500	1 026	0,72	0,38	0,60	+0,31	+0,12
	1,500	1 200	0,89	0,50	0,80	+0,39	+0,09
	1,500	1 521	0,86	0,79	1,10	+0,07	—0,24
	1,600	1 026	0,80	0,38	0,60	+0,42	+0,20
N° 2 (lourd).	1,500	1 026	0,50	0,38	0,60	+0,12	—0,10
	1,500	1 200	0,79	0,50	0,80	+0,29	—0,01
	1,500	1 521	1,45	0,79	1,10	+0,66	+0,35
	1,600	1 026	0,54	0,38	0,60	+0,16	—0,05

Pour le canon n° 1, le tir avait donc, aux distances de 1 026 et de 1 200 mètres, moins de régularité que celui de la pièce n° 2 et moins de justesse que celui du canon prussien; à 1 520 mètres, au contraire, il était supérieur comme justesse au canon lourd et même au canon prussien et donnait presque les résultats indiqués dans les tables.

Quant à la pièce lourde (n° 2), sans jamais atteindre la justesse indiquée sur les tables, elle s'était montrée supérieure comme justesse au canon prussien aux distances de 1 026 et 1 200 mètres, mais non plus à celle de 1 520 mètres.

Ces anomalies tenaient peut-être au petit nombre de coups tirés avec chacune de ces pièces. Pour s'en assurer, on résolut de tirer, toujours avec le projectile léger, les 250 coups destinés d'après le programme aux tirs de justesse, en diminuant, s'il le fallait, le nombre des distances, afin de pouvoir augmenter le nombre de coups à chacune de ces distances. Il fut même décidé qu'on reprendrait une ou deux des séries de tir avec les pièces montées sur affût en fer, pour déterminer l'influence que pouvait exercer sur le tir le mode d'action de la crosse sur le sol, et recueillir ainsi d'utiles données pour l'étude ultérieure d'un affût en fer.

En conséquence, la commission reprit les expériences en employant, toujours avec le projectile de $6^k,355$, une charge de $1^k,570$. On mesura la vitesse restante à 50, 1 000 et 1 500 mètres, et, après avoir constaté que la vitesse initiale était sensiblement égale à celle inscrite sur la table de tir, on exécuta les tirs de justesse, dont les résultats sont résumés dans le tableau suivant, et comparés à ceux qui sont fournis par les tables de tir du canon prussien et celles établies par la maison Krupp pour le canon de $8^c,7$.

BOUCHES A FEU.	VITESSE initiale.	FORCES VIVES aux distances de			ZONE CONTENANT LA MOITIÉ DES COUPS.									
					Hauteur à					Largeur à				
		50 mètres.	1 000 mètres.	1 500 mètres.	800 mètres.	1 200 mètres.	1 800 mètres.	2 400 mètres.	Profondeur à 5050 mètres.	800 mètres.	1 200 mètres.	1 800 mètres.	2 400 mètres.	5 050 mètres.
	mètr.	t.-m.	t.-m.	t.-m.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.
Canon de $8^c,7$ en essai. . .	472,4	69,2	34,8	29,4	0,47	0,77	1,21	2,60	43,3	0,44	0,76	1,29	1,98	9,53
Table de tir (c. de $8^c,7$). . .	473	69,4	38,8	31,4	0,24	0,50	1,10	2,19	plus de 56^m.	0,38	0,71	1,41	2,31	plus de 10^m.
T. de tir (c. prussien de $8^c,8$).	445	67,5	37,9	31,1	0,40	0,80	1,80	3,50	plus de 50^m.	0,50	0,80	1,40	2,20	plus de 9^m.

Ces derniers résultats, ainsi que ceux obtenus avec la charge de $1^k,600$, démontraient jusqu'à l'évidence, qu'avec le projectile léger, même en dépassant la vitesse initiale des tables de tir dressées par la maison Krupp, la force vive du projectile restait toujours, aux distances de 1000 et 1 500 mètres, inférieure à celle du canon prussien.

D'un autre côté, la commission avait déjà tiré quelques projectiles lourds (du poids de $6^k,800$) avec la charge de $1^k,500$; en mesurant les vitesses à 50 et 1 500 mètres, on avait obtenu, pour la force vive à ces deux distances, les chiffres suivants :

A 50 mètres	67 tonnes-mètres,
A 1 500 mètres	32 tonnes-mètres,

c'est-à-dire à très-peu près les mêmes données qu'avec les tables de tir du canon de $8^c,8$ prussien.

En conséquence, il fut décidé que l'on continuerait les expériences avec le projectile lourd seulement.

Comme on avait voulu conserver au vide intérieur la même capacité, ce nouveau projectile différait de l'obus léger par sa longueur totale qui était supérieure de 10 millimètres environ ; la distance de la couronne antérieure au culot avait été augmentée d'autant. Il en résultait que la longueur de l'espace occupé par la charge se trouvait réduite de 1 centimètre environ.

Le tableau de la page suivante fournit les indications relatives au tir de l'obus lourd.

Comme on le voit par l'inspection de ce tableau, on pouvait considérer cette dernière épreuve comme décisive ; le projectile lourd avait pleinement répondu à l'attente de la commission au point de vue de la puissance et de la justesse.

Bien qu'on eût pu s'en tenir à ces résultats, on voulut utiliser les projectiles encore disponibles, et on en profita pour étudier quelle serait l'influence d'une faible augmentation de la charge. On exécuta donc, à la distance de 1 521

BOUCHES À FEU.	VITESSE initiale.	FORCES VIVES aux distances de			ZONE CONTENANT LA MOITIÉ DES COUPS.												
					HAUTEUR A						PROFONDEUR à 3 600 mètres.	LARGEUR A					
		50 mètres.	1 000 mètres.	1 500 mètres.	800 mètres.	1 026 mètres.	1 200 mètres.	1 521 mètres.	1 800 mètres.	2 400 mètres.		800 mètres.	1 026 mètres.	1 201 mètres.	1 521 mètres.	1 800 mètres.	2 400 mètres.	3 600 mètres.
	mètr.	t.-m.	t.-m.	t.-m.	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.
Canon de 8c,7 en essai . . .	455	68,6	37,8	32,0	0,26	0,46	0,67	0,70	1,25	2,07	27,3	0,34	0,35	0,60	0,87	0,81	2,13	6,39(1)
Table de tir (canon de 8c,7) .	473	69,4	38,8	31,4	0,24	0,38	0,50	0,79	1,10	2,19	30,4	0,38	0,55	0,71	1,06	1,41	2,31	4,50
Table de tir prussienne (canon de 8c,8). . . .	445	67,5	37,9	31,1	0,40	0,62	0,80	1,28	1,80	3,50	35,0	0,50	0,72	0,80	1,12	1,40	2,20	4,80

(1) A cette distance. la direction du vent, qui soufflait normalement à la ligne de tir, changeant fréquemment, obligea plusieurs fois à faire varier la dérive, ce qui explique ces grands écarts latéraux.

mètres, un nouveau tir avec le même projectile lourd, et une charge de $1^k,530$. Les résultats obtenus furent les suivants :

Vitesse initiale		$457^m,2$
Force vive à	50^m . . .	$70^{t.-m.},0$
	$1\,500^m$ . . .	33 ,3
Zone contenant la moitié des coups à $1\,521^m$ . .	hauteur. . .	$1^m,00$
	largeur . . .	1 ,15

Ainsi donc, une augmentation de la charge de 30 grammes donnait $1^{t.-m},5$ de force vive en plus à 50 mètres de la pièce et un peu plus de 1 tonne-mètre à 1 500 mètres. Quant à la justesse du tir, elle était un peu moindre, quoique toujours supérieure à celle du canon prussien.

Cette légère diminution dans la justesse pouvait, du reste, s'expliquer par les fréquentes variations atmosphériques survenues pendant ce tir. Dans tous les cas, il était prouvé que le canon expérimenté satisferait toujours aux conditions voulues, même dans le cas où l'on voudrait dépasser les limites de puissance que l'on s'était posées tout d'abord.

Restait à faire les tirs avec obus chargés. On tira aux distances de 1 000 et 1 200 mètres avec la charge de $1^k,500$ une centaine d'obus à double paroi du poids de $6^k,800$, contenant une charge intérieure de 200 grammes et armés de la fusée percutante Krupp. Le but était représenté par trois rangées de panneaux distantes l'une de l'autre de 20 mètres, chaque rangée avait 30 mètres de long et 2 mètres de haut.

A 1 000 mètres, on obtint 43 éclats utiles par coup.

A 2 000 mètres, on obtint 23 —

Ces résultats, bien que satisfaisants, étaient de beaucoup inférieurs à ceux obtenus en Autriche. Cette infériorité était due en partie au peu de sensibilité des fusées qui avaient donné, soit de nombreux ratés (14 p. 100 environ), soit des éclatements assez fréquents dans la branche ascendante du ricochet; de plus, les projectiles se fractionnaient

en trop gros fragments, ce qui pouvait être dû soit à une trop grande ténacité de la fonte, soit à une trop forte épaisseur des parois.

Pour terminer ce qui est relatif aux expériences de Dülmen, voici le résumé des observations de la commission, résultat d'un examen minutieux du matériel en expériences et de l'étude de son fonctionnement.

1° Le mécanisme de fermeture de la pièce a toujours fonctionné régulièrement, aussi bien avec l'anneau Broadwell qu'avec l'anneau à cannelures extérieures. Il n'a été nécessaire de recourir à aucun nettoyage spécial, ni à aucune réparation, bien que chaque pièce ait tiré plus de 550 coups.

2° Le petit anneau obturateur en cuivre interposé entre les deux parties du grain de lumière, pour empêcher les fuites de gaz, n'a pas aussi bien fonctionné. Les fuites de gaz, qui se manifestèrent après un petit nombre de coups, allèrent toujours en croissant ; toutefois, grâce au jeu ménagé à cause de l'encrassement, la manœuvre du coin se fit toujours facilement. Après 350 coups, on changea pour chacune des deux pièces ces petits anneaux de cuivre, mais les fuites, momentanément empêchées, ne tardèrent pas à se reproduire de nouveau.

3° Lorsqu'on laissait la hausse en place pendant le feu on la retrouvait encrassée après chaque coup. Cette particularité, provenant de la direction inclinée du canal de lumière, s'est présentée aussi bien pour le canon n° 1, dont le débouché de la lumière était protégé par une sorte de coquille, que pour le n° 2, sur lequel la lumière était complétement à découvert.

4° Afin de pouvoir utiliser les affûts ancien modèle, on avait enveloppé les tourillons des pièces avec un manchon en laiton. Cette disposition parut très-convenable pour assurer la stabilité de la pièce et empêcher les ballottements.

5° On remarqua que, pendant le tir, la volée des deux

pièces s'abaissait très-sensiblement, ce qui était dû sans doute à l'élasticité des affûts et à l'appui de la culasse sur la vis de pointage; en effet, cet abaissement était bien moins sensible avec les affûts en fer qu'avec les affûts en bois.

6° La visite des pièces à l'étoile mobile a montré que l'âme des pièces était en très-bon état, sans détérioration sensible ; les cloisons n'étaient pas trop usées.

7° Les bouches à feu, qui n'avaient été ni bronzées ni recouvertes de peinture ou vernis, n'avaient pas souffert. Néanmoins, on jugea qu'il valait mieux les recouvrir d'une couche de vernis pour les préserver de la rouille.

Les affûts transformés s'étaient assez bien comportés ; il n'y avait pas à douter de la résistance de leurs parties essentielles. En remédiant aux rares inconvénients que l'on avait constatés, notamment en ce qui concernait le frein, dont les diverses parties avaient été trouvées trop faibles, il était certain que l'affût modèle 1844 modifié pourrait fort bien être utilisé pour le service du canon de $8^c,7$.

Choix du modèle de canon et de projectile.

D'après les résultats fournis par les expériences, il était évident que le projectile de $6^k,800$ était bien supérieur comme puissance à celui de $6^k,355$. Aussi n'y avait-il pas à hésiter dans le choix à faire, au moins en principe, entre les deux, et il ne restait plus à régler que quelques questions relatives à la pose des couronnes, au mode de coulée de l'obus à double paroi, au tracé définitif de l'obus, au point de vue de sa longueur relativement au calibre, et de son bon fractionnement, et, enfin, au choix de la fusée. La solution de ces questions n'était plus qu'une affaire de temps et d'expériences. En particulier, on aurait désiré pouvoir réduire de quelques millimètres la longueur du projectile, ce qui aurait permis de simplifier beaucoup l'aménagement des coffres modèle 1844. Sous ce rapport, les expériences prus-

siennes semblaient alors prouver que la longueur la plus avantageuse, au point de vue du tir, ne devait être que 2 $^1/_2$ calibres.

Les raisons qu'on pouvait invoquer pour faire un choix entre le canon lourd et le canon léger n'étaient pas aussi catégoriques. L'un et l'autre s'étaient également bien comportés au point de vue de la justesse du tir. Le canon lourd offrait évidemment plus de garanties au pas de vue de la résistance, tout en satisfaisant aux conditions requises au point de vue de la mobilité ; le canon léger, beaucoup plus mobile, se trouvait sensiblement dans les mêmes conditions de résistance que le canon prussien, bien qu'il dût être soumis à des tensions moindres.

Sous le rapport du mode de construction, on avait l'avantage avec le canon léger, qui était à manchon, de pouvoir utiliser ce manchon, en changeant le corps du canon dans le cas où l'âme serait dégradée. Avec le canon lourd, qui était fretté, on ne pouvait, en pareil cas, utiliser que les frettes et le mécanisme de fermeture. Mais, d'autre part, il était bien évident que le canon lourd fatiguerait moins l'affût modèle 1844.

Après avoir bien pesé les avantages et les inconvénients de l'un et l'autre type de bouches à feu, on donna la préférence au canon lourd.

On admit que l'affût modèle 1844 modifié pouvait très-bien être utilisé jusqu'à ce que les études entreprises et surtout la situation financière de l'Italie permissent d'adopter un affût en fer.

Quant au choix de l'anneau obturateur, au meilleur mode de prévenir les fuites de gaz entre les deux parties du grain, et à certains autres détails de construction, on ne prit aucune décision définitive. Il était, du reste, bien certain que ces détails n'empêcheraient pas la mise en train de la fabrication, et qu'il serait plus facile de résoudre ces différentes questions en Italie même lorsque les deux canons d'essai y seraient arrivés.

Les principaux éléments de la nouvelle bouche à feu de campagne étant ainsi bien définis, on passa avec la maison Krupp le contrat définitif, d'après les bases qui avaient été posées dès les premières négociations.

Expériences relatives à l'adoption de la poudre.

Dans les expériences exécutées au polygone de Dülmen, on avait fait usage d'une poudre fournie par la maison Krupp ; cette poudre avait donné d'excellents résultats, c'est à-dire des vitesses considérables et des pressions fort acceptables, étant donnée la bouche à feu dans laquelle elle était employée. On se décida donc à prendre comme point de départ la poudre Krupp.

D'après les indications fournies par la maison Krupp, la poudre qu'elle employait présentait les caractères suivants :

Dosage : 74 salpêtre, 16 charbon, 10 soufre ;

Densité : de 1,62 à 1,66 ;

Grosseur des grains : de 6 à 10 millimètres (de 3 270 à 4 420 grains au kilogramme) ;

Pression moyenne : dans le canon de $8^c,7$ à la charge de $1^k,500$ et avec le projectile de $6^k,355$, 1 500 atmosphères.

Toutefois, l'examen d'un lot de poudre acheté à l'usine Krupp donna une densité un peu plus forte (1,667) et une grosseur de grains comprise entre 6 et 12 millimètres.

Dans une première expérience, qui eut lieu le 12 novembre 1875, on compara la poudre d'Essen avec deux échantillons de poudre fabriqués à la poudrerie de Fossano, l'un ayant les mêmes caractères que la poudre Krupp, et l'autre en différant par le dosage, qui était le même que celui de la poudre anglaise [1]. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

[1] 75 de salpêtre, 15 de soufre, 10 de charbon.

TABLEAU.

NOMBRE des coups.	POIDS du projectile.	POIDS de la charge.	ESPÈCE DE POUDRE.	DENSITÉ de la poudre.	GARGOUSSE. Diamètre.	GARGOUSSE. Longueur.	VITESSE à 50 mètres (1).	PRESSION.
	kil.	kil.			mill.	mill.	mètr.	atm.
5	6,800	1,500	Krupp.	1,6672	95	205	430,80	1 477
4	Id.	1,450	Fossano (dosage prussien) .	1,6641	95	200	444,29	1 568
3	Id.	1,450	Fossano (dosage anglais) . .	1,6589	95	200	446,68	1 770
3	Id.	1,400	Id. id. . .	1,6589	95	195	435,62	1 447

(1) Moyenne des mesures prises avec deux chronographes.

Dans ces essais, la poudre achetée à la maison Krupp avait donné 15 mètres de vitesse de moins que celle employée pour les expériences faites à Dülmen.

Au contraire, les poudres de Fossano permettaient d'obtenir la même vitesse avec des charges plus faibles. Pour bien s'assurer que la diminution de vitesse constatée avec la poudre d'Essen ne pouvait être attribuée à des avaries occasionnées par le transport par mer, ou à une augmentation de la densité dépassant les limites indiquées par la maison Krupp, on recommença les expériences le lendemain.

NOMBRE des coups.	POIDS du projectile.	POIDS de la charge.	ESPÈCE DE POUDRE.	DENSITÉ de la poudre.	GARGOUSSE. Diamètre.	GARGOUSSE. Longueur.	VITESSE à 50 mètres.	PRESSION.
	kil.	kil.			mill.	mill.	mètr.	atm.
10	6,800	1,500	Krupp.	1,6672	95	205	429,76	1 385
9	Id.	1,450	Fossano (dosage prussien) .	1,6641	95	200	443,39	1 630
8	Id.	1,425	Fossano (dosage anglais) . .	1,6589	95	200	441,81	1 669

Ces résultats ne firent que confirmer les premiers. Il n'était pas possible d'en conclure que la poudre de Fossano était plus ou moins offensive que celle de Krupp. En effet, pour pouvoir comparer deux poudres sous ce rapport, il est nécessaire que les charges employées donnent soit les

mêmes vitesses, soit les mêmes pressions. On pouvait cependant admettre qu'il n'y avait pas entre les deux poudres une bien grande différence, car les pressions obtenues avec la poudre de Fossano ne dépassaient pas de 200 atmosphères la tension de 1 500 atmosphères donnée comme indication par l'usine Krupp; et cet accroissement des pressions était amplement justifié par l'augmentation de poids du projectile (6^k,800 au lieu de 6^k,355).

Une autre conséquence que l'on tira de ces premiers essais, c'est que, du moment que la poudre au dosage prussien, à la charge de 1^k,450, avait donné, au point de vue de la vitesse aussi bien que des tensions, de moins bons résultats que la poudre à dosage anglais à la charge de 1^k,425, on pouvait donner la préférence à cette dernière qui présentait d'ailleurs quelques autres avantages sous le rapport de la fabrication. Toutefois, on reconnut qu'il ne fallait pas modifier sensiblement la densité de chargement, et chercher autant que possible à lui conserver la même valeur que dans les expériences de Dülmen, où l'on avait obtenu de si bons résultats. Avec la charge de 1^k,425 cette densité eût été trop différente; c'est pourquoi on avait préparé à Fossano une poudre ayant des grains de 6 à 12 millimètres et une densité de 1,67, espérant que cette légère augmentation de densité de la poudre permettrait d'augmenter un peu la charge sans accroître sensiblement les tensions, et que, de plus, la même poudre pourrait être utilisée dans les bouches à feu de plus fort calibre.

Quelques tirs préliminaires, exécutés pour comparer cette poudre avec celle de Krupp, montrèrent qu'elle pouvait donner la vitesse désirée à la charge de 1^k,450.

Toutefois, les valeurs relevées pour les tensions ne méritaient pas cette fois une entière confiance, attendu qu'on n'avait pas pris la précaution de changer à chaque coup la capsule de cuivre de l'appareil Rodman.

TABLEAU.

NOMBRE des coups.	POIDS du projectile.	POIDS de la charge.	ESPÈCE DE POUDRE.	DENSITÉ de la poudre.	GARGOUSSE. Diamètre.	GARGOUSSE. Longueur.	VITESSE à 50 mètres.	TENSION.
	kil.	kil.			mill.	mill.	mètr.	atm.
4	6,800	1,500	Krupp.	1,6672	95	205	430,67	1 445
5	6,800	1,450	Fossano (dosage anglais). .	1,6712	95	200	444,97	1 489

Pour comparer encore mieux ce nouvel échantillon de poudre de Fossano avec la poudre Krupp, on résolut d'augmenter la charge pour cette dernière, de façon à avoir, à 50 mètres de la bouche, la vitesse de 445 que l'on avait obtenue avec $1^k,450$ de poudre de Fossano. Afin de pouvoir augmenter au besoin la capacité de la chambre à poudre, on supprima sur le projectile la couronne antérieure. Enfin, pour que la charge de $1^k,450$ de poudre de Fossano occupât toute la longueur de la chambre, on réduisit le diamètre de la gargousse correspondante à 86 millimètres. De nouveaux tirs, exécutés dans ces conditions les 21 décembre 1875 et 6 janvier 1876, donnèrent les résultats suivants :

NOMBRE de coups.	POIDS du projectile.	POIDS de la charge.	ESPÈCE DE POUDRE.	DENSITÉ de la poudre.	GARGOUSSE. Diamètre.	GARGOUSSE. Longueur.	VITESSE à 50 mètres.	TENSION.
	kil.	kil.			mill.	mill.	mètr.	atm.
10	6,800	1,620	Krupp.	1,6672	95	260	442,70	1 701
10	6,800	1,450	Fossano (dosage anglais). .	1,6712	86	240	443,33	1 718

Ainsi, dans ces nouvelles conditions de chargement, la poudre de Fossano n'était pas plus offensive que celle d'Essen et convenait par conséquent au canon de $8^c,7$, car on ne pouvait considérer la tension de 1 700 atmosphères comme excessive pour une pièce en acier frettée qui, d'après les indications fournies, devait pouvoir supporter sans inconvénient une tension de 2 000 atmosphères.

Pour vérifier la régularité d'action de cette nouvelle poudre, on l'employa pour exécuter, aux distances de 1 200 et 1 500 mètres, des tirs de justesse destinés à essayer les obus de 8c,7 fabriqués à la fonderie de Gênes. Cette nouvelle épreuve lui fut entièrement favorable. (Voir les tableaux des pages 325 et 326.)

Toutefois, avant de l'adopter d'une façon définitive, on recommença les mêmes tirs de justesse en employant un nouveau lot de poudre fabriquée à Fossano, et présentant les mêmes caractères que les échantillons déjà essayés. Les résultats de ce nouvel essai confirmèrent pleinement ceux des premiers. (Voir le tableau de la page 328.)

La poudre à grains irréguliers, fabriquée par la poudrerie de Fossano, étant adoptée en principe, il fallait encore s'assurer si la grosseur des grains pouvait varier sans inconvénient entre les limites assez étendues que l'on avait posées tout d'abord. Il pouvait se faire qu'à la suite du transport dans les caisses on eût à constater une sorte de séparation des grains par ordre de grosseur, et que, dans la confection des charges, quelques-unes ne fussent composées que de grains se rapprochant de la limite inférieure, tandis que, dans d'autres, au contraire, les grains atteindraient la limite supérieure. On fut donc conduit à exécuter quelques tirs comparatifs avec deux lots de poudre, l'un ne comprenant que des grains de 6 à 9 millimètres, et l'autre des grains de 9 à 12 millimètres.

Les essais furent exécutés le 17 mars. Les résultats obtenus ont été résumés dans le tableau suivant; on y a ajouté, comme terme de comparaison, les chiffres correspondant à la poudre à grains non séparés de 6 à 12 millimètres.

TABLEAU.

NOMBRE des coups.	POIDS du projectile.	POIDS de la charge.	ESPÈCE DE POUDRE.	DENSITÉ de la poudre.	GARGOUSSE. Diamètre.	GARGOUSSE. Longueur	VITESSE à 50 mètres.	TENSION.
	kil.	kil.			mill.	mill.	mètr.	atm.
10	6,800	1,450	Grains de 6 à 12 mill. (1er lot).	1,6712	86	240	413,33	1 718
9	Id.	Id.	Grains de 6 à 12 mill. (2e lot).	1,6705	Id.	Id.	444,45	1 779
6	Id.	Id.	Grains de 6 à 9 mill. (2e lot) .	Id.	Id.	Id.	448,43	2 032
6	Id.	Id.	Grains de 9 à 12 mill. (2e lot).	Id.	Id.	Id.	438,17	1 671

Comme on le voit, par suite de la variation de grosseur des grains, on obtint jusqu'à 10 mètres de différence entre les vitesses et 400 atmosphères pour les pressions.

Il était dès lors évident qu'il convenait de restreindre un peu les limites de grosseur des grains, ce qui ne pouvait modifier en rien les effets de la poudre, quant à la valeur de la vitesse et des pressions, mais devait les rendre plus réguliers. En conséquence, il fut décidé que la grosseur des grains devrait être comprise entre 7 et 11 millimètres.

La poudre adoptée pour le chargement de la bouche à feu ne pouvait convenir comme charge d'éclatement de l'obus. La vitesse de combustion eût été trop faible, et comme de plus la capacité du vide intérieur de l'obus ne permettait pas d'employer une charge de plus de 200 grammes, on décida que l'on emploierait une poudre très-vive, telle que la poudre à fusil.

Expériences relatives à l'adoption de l'obus.

(PL. VII.)

Depuis que l'on avait adopté en principe l'emploi de l'acier pour la fabrication des canons lourds de campagne, la question des projectiles à couronne de cuivre s'était posée tout naturellement. On savait à ce moment (vers la fin de 1874) que la Prusse n'avait pu encore arriver à une solution satisfaisante en ce qui concernait le mode d'applica-

tion des couronnes de cuivre sur le projectile. Tandis que l'Autriche, au contraire, avait parfaitement réussi ; mais elle tenait son procédé secret.

Voici les différentes propositions qui furent présentées à la fonderie de Gênes chargée de faire les recherches relatives à ce sujet :

1° Ceintures obtenues en forçant une barrette de cuivre dans des encastrements ménagés sur la surface extérieure du projectile suivant le mode employé jadis pour les obus de 24c (fig. *a*, profil 1).

2° Ceintures en bronze coulées autour du projectile en suivant une méthode analogue à celle employée pour l'application des ailettes aux obus des canons se chargeant par la bouche (fig. *a*, même profil).

3° Application à chaud de la ceinture sur le projectile, le forcement étant obtenu de la même façon que le serrage des frettes sur le corps du canon (fig. *a*, profil 2).

4° Même procédé que ci-dessus, mais en matant en outre à coups de marteau les bords de la ceinture dans des rainures ménagées sur le projectile et interrompues de distance en distance dans le but de rendre la ceinture et le projectile complétement solidaires l'un de l'autre (fig. *a*, profil 3).

Le premier système ayant paru le plus simple et le plus économique, on avait aussitôt fabriqué quelques obus de 9c,15 (fig. *b*) afin de les tirer dans le canon d'acier de ce calibre.

Sur 12 projectiles tirés, un seul eut la ceinture postérieure arrachée. Dans tous les autres, qui furent retrouvés après le tir, les ceintures n'avaient pas bougé.

Toutefois, la position trop en avant de la ceinture antérieure avait tellement limité la longueur de l'espace réservé dans la chambre pour la charge, que l'on avait dû tasser fortement la poudre, afin de pouvoir employer la charge ordinaire du canon de 9c,15 qui était de 1k,350. Pour obvier à cet inconvénient, on fit fabriquer 50 nou-

veaux obus, après avoir convenablement modifié le tracé primitif du projectile ainsi que la position des ceintures (fig. *c*).

Pour la pose des ceintures au marteau, on procéda graduellement de façon à éviter les rebattages partiels que peuvent rendre nécessaires un martelage irrégulier, cause à laquelle on croyait devoir attribuer le peu d'adhérence de l'une des ceintures dans le tir précédent.

Les nouveaux obus à ceinture de cuivre du tracé modifié furent tirés à la distance de 1 800 mètres, afin qu'on pût comparer leur tir avec celui des obus Krupp tirés à la même distance en novembre 1873, et qui étaient les premiers obus à ceintures de cuivre qui eussent été employés en Italie. Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus dans ces deux tirs :

OBUS employés.	ÉCARTS moyens		ÉCARTS quadratiques moyens		RAYON du cercle contenant la moitié des coups.	HAUTEUR de la zone contenant la moitié des coups.
	en portée.	en hauteur.	en portée.	en hauteur.		
	mètr.	mètr.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
Fournis par Krupp. . .	0,90	0,99	1,20	1,32	1,49	1,78
Fabriqués à Gênes. . .	0,986	1,248	1,246	1,571	1,67	2,12

Sur les 50 obus tirés, deux seulement perdirent une de leurs ceintures. Leur tir, bien qu'inférieur comme justesse à celui des obus Krupp, pouvait cependant être encore considéré comme satisfaisant.

Pendant que l'on exécutait ces expériences en Italie, l'obus Krupp de 6^k 355, à couronne en fil de cuivre, donnait, au polygone de Dülmen, de très-bons résultats. L'adoption du canon de 8^c 7 paraissant alors probable, il fut décidé que l'on ferait quelques essais avec des obus à couronnes, concurremment avec les obus à ceintures déjà expérimentés.

La fonderie de Gênes fit donc préparer quelques obus des deux modèles en question, toujours du calibre de 9c 15, mais en se conformant pour le second modèle aux données fournies par le dessin de l'obus Krupp de 8c 7 (fig. *d*.)

On exécuta, toujours à 1 800 mètres, un second tir qui donna les résultats suivants :

OBUS EMPLOYÉS (fondus à Gênes).	NOMBRE de coups.	POIDS du projectile.	POIDS de la charge.	ÉCARTS moyens en portée.	ÉCARTS moyens en hauteur.	ÉCARTS quadratiques moyens en portée.	ÉCARTS quadratiques moyens en hauteur.	RAYON du cercle contenant la moitié des coups.	HAUTEUR de la zone contenant la moitié des coups.
		kil.	kil.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.
Couronnes en fil de cuivre.	40	7 600	1 350	0,79	1,32	1,00	1,62	1,30	2,19
Larges ceintures.	40	7 600	1 350	0,80	1,23	0,96	1,46	1,50	1,97

Les deux modèles de projectiles donnèrent également de bons résultats, car, sur les 74 obus retrouvés après le tir, un seul obus à large ceinture avait perdu une de ses ceintures. Avec les obus à couronne en fil de cuivre, on pouvait espérer que l'approvisionnement des nouvelles bouches à feu serait plus rapidement assuré.

Comme à ce moment les deux bouches à feu essayées au polygone de Dülmen étaient arrivées en Italie avec un certain nombre de projectiles du poids de 6k 800, il fut décidé que l'on continuerait les expériences avec ces deux canons, en laissant de côté le 9c,15, et que l'on ferait fabriquer à Gênes des obus ordinaires d'après le tracé des obus Krupp que l'on avait reçus.

On chercha à imiter le plus possible les méthodes employées à la fonderie de Hanovre, qui différaient sur quelques points essentiels de celles usitées à la fonderie de Gênes. Ainsi, dans le Hanovre, les obus étaient coulés avec une masselotte de 0m,10, puis tournés extérieurement, tandis qu'à Gênes on ne laissait pas de masselotte et on ne se servait du tour que pour le taraudage de l'œil. La pose des couronnes, à la fonderie de Hanovre, se faisait sur le tour

par la pression d'une molette à gorge qui forçait le fil de cuivre dans une rainure de section trapézoïdale. Les extrémités du fil de cuivre, dont l'une repliée en crochet était introduite au commencement de l'opération dans un logement approprié, étaient ensuite soudées au laiton (soudure forte). A cet effet, les obus étaient chauffés au rouge sombre dans un four, opération qui servait en même temps à recuire le cuivre; on le présentait ensuite à un feu de forge au charbon de bois, et on faisait la soudure à l'aide d'un chalumeau à gaz.

Les premiers obus de $8^c,7$ fabriqués à Gênes dans ces conditions, furent employés pour des essais dont le principal objet était l'étude de la poudre. Le tir fut dirigé contre un parapet en terre, placé à une petite distance, afin que l'on pût retrouver plus facilement les projectiles.

Les résultats de ce tir, au point de vue de la poudre, ont déjà été consignés dans le tableau de la page 315.

Les 16 obus étaient tous brisés, et pourtant il n'y avait dans les terres du parapet ni pierres, ni corps durs; on pensa que la rupture des projectiles avait dû être occasionnée par l'introduction des terres dans les projectiles, après le refoulement des tampons de zinc dont ils étaient tous munis. On prépara alors 30 autres obus dont quatre furent fermés avec un tampon en zinc beaucoup plus résistant, et les autres munis du bouchon à vis et du porte-amorce de la fusée percutante modèle 1873. L'épaisseur du parapet fut un peu diminuée afin de permettre aux obus de le traverser.

Les résultats obtenus dans cette seconde expérience, dont l'objet principal était encore l'étude de la poudre, ont déjà été donnés dans le tableau de la page 315. Sur 27 obus qui traversèrent le parapet on en retrouva 19 entiers, 1 brisé diamétralement entre les deux couronnes antérieures, et 7 avec l'ogive brisée à hauteur de l'œil. Tous, sauf un, avaient leurs couronnes intactes.

Ces résultats, ainsi que l'aspect des cassures, firent supposer que la fonte portée à une très-haute température, pour que l'on pût souder les couronnes, subissait en se refroidissant quelque altération moléculaire qui la rendait plus fragile, de sorte que, rencontrant une grande résistance, les obus se brisaient, bien qu'ils fussent à simple paroi et coulés en très-bonne fonte.

Pour éviter cet inconvénient, et en même temps rendre la fabrication plus facile et moins coûteuse, on substitua dans l'opération de la pose des couronnes, la soudure douce (à l'étain) à la soudure forte.

Comme, d'un autre côté, on avait vu dans la fabrication des obus de 9c,15, que la masselotte ne semblait en rien nécessaire pour assurer le succès de la coulée et que les dimensions extérieures pouvaient être obtenues avec toute l'exactitude désirable, sans recourir à l'opération du tournage, on fit couler un certain nombre de projectiles sans masselotte, quelques-uns furent tournés, les autres restèrent bruts, enfin on souda les ceintures à l'étain.

Onze obus de ce genre furent employés dans le tir ayant pour but la mesure des vitesses et des pressions (voir le tableau de la page 317). Sur les dix retrouvés, un seul était brisé à l'ogive, à hauteur du ressaut qui sert d'appui au percuteur de la fusée. Tous avaient leurs couronnes intactes. Ce qui démontra la vraisemblance des raisons par lesquelles on avait cherché à expliquer les nombreux cas de rupture dans le tir précédent.

Toutefois, afin de déterminer exactement l'influence que pouvait avoir sur la justesse du tir le nouveau mode d'application des couronnes et le tournage de l'obus, on tira, le 20 janvier 1876, avec le canon de 8c,7, n° 2 (lourd), à 1 200 mètres, comparativement des obus tournés avec couronne à soudure forte, des obus tournés avec couronne à soudure douce, et enfin des obus non tournés avec couronne à soudure douce.

TABLEAU.

DISTANCE.	CANONS EXPLOITÉS.	NOMBRE des coups		CHARGE.	POUDRE.	OBUS (poids : 6k,800).	ANGLES corrigés		ZONE contenant la moitié des coups.		DATE et lieu de l'expérience.
		tiré.	dont on a tenu compte.				de tir.	de dérive.	Haut.	Larg.	
mèt.				kil.			degr.	min.			
1200	N° 1	20	20	1,500	Krupp.	Krupp.	2°,10′	6′	0,94	0,58	22 juin 1875 polygone de Dülmen.
1200	N° 2	20	20	1,500	Id.	Id.	2°,12′	2′	0,41	0,62	
1200	N° 2	25	25	1,450	Fossano.	Tournés, à soudure forte (Gênes).	2°,10′	— 3′	0,99	0,50	20 janvier 1876, champ de tir de Cirié.
1200	N° 2	25	25 21	1,450	Id.	Tournés, à soudure douce (Gênes).	2°,10′	— 3′	0,77 0,49*	0,58 0,46*	
1200	N° 2	25	25 23*	1,450	Id.	Non tournés, soudure douce (Gênes).	2°,10′	1 0′	0,66 0,66*	5,01 0,64*	
1200	N° 2	25	25 21*	1,450	Id.	Non tournés, soudure douce (Gênes).	2°,10′	— 3′	0,76 0,88*	0,59 0,52*	

* Les nombres marqués d'un astérisque ont été calculés en négligeant les coups anormaux, pour des causes connues et indépendantes des conditions de tir de la pièce employée.

Comme terme de comparaison, on a ajouté dans le tableau les résultats obtenus au polygone de Dülmen.

Les obus non tournés et dont les couronnes étaient soudées à l'étain (soudure douce) ayant donné des résultats aussi satisfaisants que ceux dont on avait fait usage à Dülmen et offrant sur ces derniers des avantages sérieux sous le rapport de la fabrication, il parut inutile de poursuivre les expériences sur les deux autres types.

En conséquence, on fit fabriquer quelques obus à double paroi non tournés et avec couronnes soudées à la soudure douce d'après le dessin de ceux qui avaient été présentés par l'usine Krupp (fig. *f*). On tira ces obus à 1 500 mètres, concurrement avec des obus ordinaires du même modèle (fig. *e*), afin de s'assurer si la justesse du tir restait la même avec ces deux sortes de projectiles.

DISTANCE.	CANON EMPLOYÉ.	NOMBRE DES COUPS.	CHARGE.	POUDRE.	OBUS (6k,800).	ANGLES corrigés de tir.	ANGLES corrigés de dérive.	ZONE contenant la moitié des coups. Hauteur.	ZONE contenant la moitié des coups. Largeur.	DATE et lieu de l'expérience.
mètr.			kil.			dégr.	m.	mèt.	mèt.	
1 521	n° 1	15	1,500	Krupp.	Krupp (ordinaires) . .	2°55′	5′	0,53	0,62	17 juin 1875, polygone de Dülmen.
1 521	n° 2	15	1,500	Id.	Krupp (ordinaires) . .	2°55′	1′	0,86	1,13	
1 500	n° 1	25	1,450	Fossano.	Gênes (ordin. n° 1).	2°59′	1′	0,86	0,67	18 février 1876, polygone de Cirié.
1 500	n° 1	25	1,450	Id.	Gênes (à double paroi) . . .	3°0′	1′	0,62	0,56	

Comme on le voit, on obtint avec l'obus à double paroi des résultats encore supérieurs à ceux correspondant à l'obus ordinaire.

On s'occupa alors de déterminer le nombre d'éclats fournis par l'obus à double paroi ; on fit éclater dans un puits 10 obus contenant 200 grammes de poudre à canon (dosage ancien), et 5 autres renfermant un même poids de poudre à fusil. Les résultats obtenus furent les suivants :

CHARGE INTÉRIEURE (200 gr.).	NOMBRE des obus.	NOMBRE des éclats par coup. Minimum.	Maximum.	Moyenne.
Poudre à canon	10	45	63	52
Poudre à fusil	5	42	81	63

Il y avait donc avantage à charger les projectiles avec de la poudre à fusil, mais on reconnut en même temps la nécessité de modifier le tracé de l'obus de façon à obtenir un plus grand nombre d'éclats et une plus grande régularité de fractionnement. L'épaisseur de la fonte fut un peu diminuée à hauteur des pointes des pyramides et ramenée de 5 et 6mm,5 à 3 et 4 millimètres.

En outre, les lignes de rupture furent disposées de manière à ne plus présenter de partie faible à hauteur même de l'encastrement des couronnes. Les obus construits suivant ce nouveau tracé (fig. *g*) prirent la dénomination d'obus n° 2 pour les distinguer de ceux du premier type.

C'est pendant que l'on poursuivait activement les études sur l'obus à double paroi de $8^c,7$ que l'on apprit les résultats remarquables obtenus en Autriche avec les obus à anneaux système Uchatius (69 atteintes par coups sur 3 rangées de panneaux à 2 250 mètres et 107 à 1 500 mètres). On fut donc naturellement conduit à expérimenter des projectiles de ce genre comparativement avec l'obus à double paroi. Le poids de l'obus italien ($6^k,800$) étant un peu supérieur à celui de l'obus autrichien ($6^k,355$), il eût été facile de construire un obus donnant encore un plus grand nombre d'éclats. Mais, comme le poids moyen des éclats de l'obus autrichien (14 à 18 grammes) paraissait trop faible, on préféra chercher à augmenter le poids moyen des éclats; le tracé du nouveau projectile fut donc établi en conséquence (fig. *h*).

Un peu plus tard, la fonderie de Gênes proposa de nouveaux obus à anneaux dont le tracé avait été modifié dans le but de faciliter, et de régulariser surtout, la rupture de l'enveloppe (fig. *i*). Dans les nervures de l'enveloppe on avait ménagé des parties fortes et des parties faibles, et tracé sur la surface intérieure des anneaux des lignes de rupture longitudinales.

Malgré le peu de résistance au choc que devait *à priori* présenter un pareil obus, dont le poids était en outre inférieur à celui des autres modèles, il fut décidé que l'on expérimenterait un certain nombre de ces obus concurremment avec les autres.

Il y avait ainsi cinq sortes de projectiles en essai, à savoir :

1° Obus ordinaire (Krupp, fig. *e*);

2° Obus à double paroi n° 1 (Krupp, fig. *f*);

3° Obus à double paroi n° 2 (Krupp modifié, fig. *g*) ;

4° Obus à anneaux (Uchatius, fig. *h*) ;

5° Obus à anneaux modifié (fonderie de Gênes, fig. *i*).

Avant d'aller plus loin, il est bon de rappeler que, pendant la fabrication de ces divers modèles d'obus, on avait repris le tir à 1 200 et 1 500 mètres avec des obus ordinaires pour essayer un nouveau lot de poudre. Les résultats obtenus avaient confirmé ceux fournis par les premiers essais.

DISTANCE.	CANON EMPLOYÉ.	NOMBRE DE COUPS.	CHARGE.	POUDRE.	OBUS (6k,800).	ANGLES corrigés de tir.	ANGLES corrigés de dérive.	ZONE contenant la moitié des coups. Hauteur.	ZONE contenant la moitié des coups. Largeur.	DATE et lieu des expériences.
mètr.			kil.			degr.	m.	mèt.	mèt.	
1 200	n° 1	20	1,500	Krupp.	Krupp.	2°10′	6′	0,94	0,58	22 juin 1875 polygone de Dülmen.
1 200	n° 2	20	1,500	Krupp.	Krupp.	2°12′	2′	0,41	0,62	
1 200	n° 1	25	1,450	Fossano.	Gênes (obus ordinaire).	2°14′	3′	0,62	0,71	16 mars 1876 polygone de Cirié.
1 521	n° 1	15	1,500	Krupp.	Krupp.	2°55′	5′	0,53	0,62	17 juin 1875 polygone de Dülmen.
1 521	n° 2	15	1,500	Krupp.	Krupp.	2°55′	1′	0,86	1,13	
1 500	n° 1	25	1,450	Fossano.	Gênes (obus ordinaire).	2°57′	2′	0,90	0,76	16 mars 1876 polygone de Cirié.

Les premiers essais comparatifs des différents modèles d'obus eurent pour objet la détermination du nombre d'éclats fournis par l'éclatement au repos.

ESPÈCE D'OBUS.	CHARGE intérieure.	NOMBRE D'ÉCLATS par obus. maximum.	minimum.	moyenne.
A double paroi, n° 1	200 grammes. de poudre à fusil.	81*	42*	63*
Id. n° 2		113	109	111
A anneaux, système Uchatius. .		165	150	157
Id. fonderie de Gênes.		131	119	125

Les résultats marqués d'un astérisque sont extraits du tableau de la page 326.

Ainsi, malgré les perfectionnements que l'on avait cherché à apporter à l'obus à double paroi, la supériorité, au point de vue du nombre des éclats, restait incontestablement à l'obus à anneaux Uchatius.

Quant à l'insuccès de l'obus à anneaux de Gênes, insuccès auquel on était loin de s'attendre, on l'attribua à la présence des plans inclinés qui donnaient aux dents des couronnes la forme de pyramides. Si d'un côté la fragmentation de l'enveloppe se faisait mieux, de l'autre celle des anneaux était rendue moins régulière, si bien que les éclats provenant des anneaux étaient, en général, formés de 2 ou 3 dents accolées.

Pour comparer les mêmes obus au point de vue de l'éclatement, on prit pour but trois rangées de panneaux en bois placées à 20 mètres d'intervalle l'une derrière l'autre. Chaque rangée avait 20 mètres de long et 3 mètres de haut, l'épaisseur des panneaux était de 25 millimètres, excepté pour la première rangée, dont la partie centrale avait sur 8 mètres de long une épaisseur de 4 centimètres.

On tira d'abord à 1 200 mètres des obus à double paroi n° 1 et n° 2 et des obus à anneaux Uchatius, puis à 1 500 mètres des obus des trois modèles précédents, plus des

obus à anneaux de la fonderie de Gênes. Tous ces projectiles avaient été munis de la fusée percutante, alors à l'étude [1], et chargés avec 200 grammes de poudre à fusil.

NOMBRE DES COUPS.	DISTANCE.	CANON EMPLOYÉ.	POIDS de la charge.	ESPÈCE de projectile.	INTERVALLES MOYEN d'éclatement par rapport à la 1re rangée.	MOYENNE des atteintes par coup sur la 1re rangée.	sur la 2e rangée.	sur la 3e rangée.	sur les 3 rangées.
	mètr.		kil.		mètres.				
10	1 200	N° 1	1,450 poudre de Fossano.	A double paroi, n° 1 . .	— 1,6	15,2	25,3	5,2	45,7
10	1 200	N° 1		Id. n° 2. . .	—12,1	34,0	14,1	4,1	52,2
10	1 200	N° 1		A anneaux Uchatius. . .	—15,7	42,8	47,7	10,7	101,2
10	1 500	N° 1	1,450 poudre de Fossano.	A double paroi, n° 1 . .	— 2,8	10,1	23,0	4,7	37,8
10	1 500	N° 1		Id. n° 2. . .	+ 1,2	15,5	20,1	4,1	39,7
10	1 500	N° 1		A anneaux Uchatius. . .	— 1,4	10,1	51,4	22,6	84,1
10	1 500	N° 1		Id. Gênes	+ 7,9	2,0	41,3	29,1	72,4

A la suite de ce dernier essai, il fut décidé que les expériences avec l'obus à anneaux de Gênes ne seraient pas poursuivies, et que le choix définitif du projectile à adopter serait limité entre l'obus à double paroi n° 2 et l'obus à anneaux Uchatius.

On avait constaté dans le tir précédent, que les éclats de l'obus Uchatius avaient une force de pénétration suffisante. Il fallait vérifier s'il en serait encore de même avec un intervalle d'éclatement plus considérable, ce qui est le cas le plus fréquent dans la pratique, et si cet obus conserverait encore dans ces conditions la supériorité sur l'obus à double paroi dont les éclats étaient plus lourds. On exécuta un nouveau tir à 1 200 mètres avec la hausse correspondant à la distance de 1 150 mètres.

[1] Voir *Revue d'artillerie*, t. X, p. 549; XI, p. 89.

TABLEAU.

PROJECTILE employé.	DISTANCE de la pièce à la 1re rangée.	INTERVALLE moyen d'éclatement.	MOYENNE des atteintes par coup sur les 3 panneaux.
	mètres.	mètres.	
Obus à double paroi no 2. .	1 200	48	9,5
Obus à anneaux Uchatius. .	1 200	46	27,1

Comme on le voit, l'obus à anneaux Uchatius avait conservé sur l'obus à double paroi une grande supériorité. Toutefois, il est bon de faire remarquer qu'une erreur de 50 mètres dans l'appréciation de la distance réduit l'efficacité de cet obus des $\frac{3}{4}$ ou des $\frac{4}{5}$, tandis que les effets du tir à shrapnel sont bien moins influencés par une erreur du même genre. On compara ensuite les deux obus au point de vue du tir contre des obstacles résistants analogues à ceux que l'on est exposé à rencontrer sur les champs de bataille. On tira contre des panneaux en chêne et contre les murailles en ruines du château de Trana. On a déjà rendu compte des résultats obtenus dans ces tirs [1]; en voici simplement le résumé :

1° Contre un blockhaus, ou tout autre abri en bois, l'efficacité du canon de 8c,7 et la résistance de l'obus à anneaux sont bien suffisantes.

2° Les effets produits par les différents modèles d'obus dans le tir contre les maçonneries sont sensiblement équivalents. Ou, plus exactement, ces effets sont proportionnels à la résistance au choc de chacun de ces projectiles, qui se trouvèrent classés dans l'ordre suivant : obus ordinaire, à double paroi, à anneaux.

3° Le canon de 8c,7, grâce à la justesse de son tir et à la puissance de destruction de ses projectiles, a toute l'efficacité désirable pour battre les obstacles qu'on peut rencontrer en campagne et même les ouvrages de fortification.

---

[1] Voir *Revue d'artillerie*, t. XI, p. 552.

A la suite de ces essais, l'obus à anneaux a été définitivement adopté pour le service du canon de $8^c,7$, et sa fabrication mise en train vers le milieu de l'année 1876. Les premières tables de construction de cet obus, en date du 6 février 1878 [1] (fig. *k*), ont été annulées et remplacées par d'autres arrêtées à la date du 8 mai 1879 (fig. *l*). Les 9 anneaux inférieurs sont semblables, tandis que, dans le premier modèle, ils avaient des diamètres différents de façon à obtenir une surépaisseur des parois de l'enveloppe à hauteur des encastrements des cordons, le trou de l'œil a été également un peu modifié. Les dimensions du projectile, son mode de chargement, son poids sont restés identiquement les mêmes.

Détermination des tables de tir de l'obus ordinaire.

Pour déterminer les tables de tir du nouveau canon de 9 centimètres, on mit à la disposition de la Commission :

2 canons neufs ;

1 200 obus lestés au poids moyen de $6^k,730$;

1 200 gargousses contenant $1^k,450$ grammes de poudre à grains de 7 à 11 millimètres. Cette poudre avait été prise dans le lot qui avait donné la vitesse initiale la plus voisine de 454 mètres, vitesse adoptée comme moyenne.

Les canons furent placés sur des affûts modifiés, du modèle qui venait d'être adopté ; ils étaient pourvus de tous leurs armements et accessoires. Il fut décidé que l'on exécuterait les tirs sur le sol naturel et sans jamais faire usage du frein.

Avant le commencement des expériences, et après les tirs à 2 000, 3 500 et 6 000 mètres, l'âme des pièces fut visitée avec le plus grand soin.

Les résultats fournis par les tirs exécutés de 500 à 6 000 mètres, permirent, au moyen de la formule

$$\text{Sin } 2\varphi = 4,7613\, x + 0,1455\, x^2 - 0,000151\, x^3,$$

[1] Voir *Revue d'artillerie*, t. XII, p. 87.

DISTANCE DU BUT.	DISTANCE correspondant à l'angle de tir corrigé.	CORRECTION DE LA DISTANCE.	DISTANCE CORRIGÉE.	DONNÉES EXPÉRIMENTALES.					DONNÉES CALCULÉES PAR LA FORMULE				DIFFÉRENCES.			
				ANGLE de tir corrigé.	ANGLE de tir φ.	HAUSSE corrigée h.	TANGENTE de l'angle de chute tg ω.	DURÉE t.	φ.	h.	tg ω.	t.	$\delta\varphi$.	δh.	δ tg ω.	δt.
mètr.	mètres.	mètr.	mètr.	degrés.	degrés.	millim.	millmes.	secondes.	degrés.	millim.	millmes.	sec.	min.	millim.	millmes.	secondes.
500	500	+2	502	0°47'12"	0°49',8	13,70	»	1,16	0°47',4	13,03	»	1,21	—2',4	—0,67	»	+0,05
1 000	1 000	»	1 000	1°15'9"	1°17',7	30,60	»	2,50	1°16',7	30,29	»	2,64	—1',0	—0,31	»	+0,14
1 500	1 500	+6,4	1 506	2°57'50"	3°0',4	51,70	»	4,17	2°59',4	51,47	»	4,25	—1',0	—0,23	»	+0,08
2 000	2 000	—7	2 993	4°21'0"	4°23',6	76,05	100,2	6,10	4°21',8	75,55	104,3	6,02	—1',8	—0,50	+ 4,1	—0,08
2 500	2 500	—15	2 485	5°51'26"	5°57',0	103,45	151,5	7,80	5°56',4	103,27	146,8	7,89	—0',6	—0,18	— 4,7	+0,09
3 000	3 000	—48	2 952	7°32'57"	7°35',5	132,50	197,6	9,80	7°38',3	133,33	194,3	9,81	+2',8	+0,83	— 3,3	+0,01
3 500	3 527	—39	3 488	9°49'3"	9°51',6	173,10	252,6	12,00	9°50',3	172,65	258,0	12,20	—1',3	—0,45	+ 5,4	+0,20
4 000	3 990	—68	3 922	11°47'6"	11°49',7	208,60	»	14,25	11°50',1	208,76	»	14,25	+0',4	+0,16	»	»

déterminée par la méthode des moindres carrés, de calculer tous les éléments du tir. Le tableau précédent montre qu'il y a eu concordance parfaite entre les données fournies directement par l'expérience, et celles déduites de la formule.

Vitesse à 45 mètres de la bouche à feu .	446^{m},73
Vitesse initiale	453^{m},8
Angle de relèvement.	0°2'24''

Toutes les données des tables de tir ont été calculées en prenant pour base le poids moyen du mètre cube d'air que l'on a supposé égal à 1^{k},208. Des expériences faites pendant l'été ayant démontré que, par suite des variations de température, les différences entre la portée moyenne donnée par les tables et la portée observée peuvent aller jusqu'à 100 mètres, à la distance de 4 000 mètres, il fut décidé qu'on tiendrait compte de cet élément pour l'établissement des tables. On devra donc modifier les données des tables suivant la saison, proportionnellement à la distance, en se basant sur ce que, pour le tir à 4 000 mètres, la portée se trouve augmentée ou diminuée en moyenne de 100 mètres suivant qu'on opère en été ou en hiver.

La table de tir à obus a été limitée à 4 000 mètres, distance au delà de laquelle il n'est plus possible de se servir de la hausse. On a cependant inscrit dans cette table les angles de tir jusqu'à 5 800 mètres, de façon qu'on pût encore donner l'inclinaison à la pièce avec le quadrant. Cette distinction a pour but de bien convaincre le tireur que le tir au delà de 4 000 mètres doit être tout à fait exceptionnel, soit parce qu'il devient alors très-difficile d'apprécier le résultat obtenu, et qu'il n'existe aucun moyen permettant de régler convenablement le tir à de pareilles distances, soit parce l'affût se trouve alors soumis à une trop grande fatigue.

Des expériences particulières furent exécutées pour déterminer les effets d'éclatement des obus, soit au repos, soit dans le tir. Elles donnèrent les résultats suivants :

Nombre moyen d'éclats par obus au repos			157
Poids moyen des éclats.			40 gr.
Rayon d'action des éclats (obus éclatant au repos) .			380^{m}
Id.	id.	(dans le tir à 1000^{m}). . .	900^{m}
Id.	id.	(dans le tir à 2000^{m}). . .	750^{m}

Les nombreuses expériences déjà faites pour la détermination du choix de l'obus avaient montré que, pour obtenir les meilleurs effets, il faut régler le tir de façon à avoir un intervalle d'éclatement de 10 à 20 mètres.

L'augmentation de cet intervalle diminue l'effet de moitié, ou le rend presque complétement nul suivant que le point d'éclatement se trouve à environ 50 mètres ou est à plus de 80 mètres en avant du premier panneau.

Enfin, quelques essais eurent pour objet de déterminer la variation de la hausse ou de l'angle de tir correspondant à $\frac{1}{6}$ de tour de la vis de pointage. Pour cela, on monta le même canon de 8^{c},7 successivement sur cinq affûts modèle 1844 modifié ; les résultats de mesure, plusieurs fois répétés, furent les suivants :

$^{1}/_{6}$ de tour correspond à une augmentation { de la hausse de 3^{mm},2. de l'angle de tir de 0°11′.

Expériences ayant pour but l'adoption de la boîte à mitraille.

(PL. VII.)

On commença les expériences ayant pour but l'adoption d'une boîte à mitraille pour le canon de 8^{c},7 au mois d'avril 1876. Le poids de ce projectile devait se rapprocher autant que possible de celui de l'obus ordinaire.

On étudia d'abord deux types de boîtes à mitraille (fig. 1) ne différant que par le nombre et la grosseur des balles. L'enveloppe, le culot et le couvercle étaient en zinc et les balles en alliage de plomb et antimoine.

Chaque boîte était munie extérieurement de deux cordons de zinc destinés à assurer la position du projectile

dans la chambre. A la rigueur, un seul anneau aurait pu suffire, mais dans le cas où, par inadvertance, on aurait introduit la boîte par le culot, mieux valait avoir deux cordons placés symétriquement par rapport au plan médian perpendiculaire à l'axe.

La boîte n° 1 contenait 207 balles de 16mm,3, pesant chacune 23gr,3, disposées en 9 couches de 19 balles et 2 de 18 ; la boîte n° 2 renfermait 140 balles de 18mm,5, pesant chacune 34gr,5, disposées en 10 couches de 14.

On exécuta avec ces deux modèles de boîtes une série de tirs dont les résultats sont inscrits dans le tableau ci-dessous.

NOMBRE de coups.	MODÈLE de la boîte.	DISTANCE (1).	TERRAIN.	NOMBRE DES ATTEINTES (2)					
				sur la 1re rangée.	sur la 2e rangée.	sur la 3e rangée.	sur la 4e rangée.	sur la 5e rangée.	sur les 5 rangées.
4	n° 1	400	Varié.	23	18	24	18	13 + 4 *a*	96 + 4*a*
6	n° 2			10	11	12	11	10 + 1 *a*	54 + 1*a*
4	n° 1	600		15	15	12	11	10 + 4 *a*	63 + 4*a*
5	n° 2			7	7	10	8	4 + 1 *a*	36 + 1*a*
6	n° 1	400	Uni.	43	39	33	31	24 + 11 *a*	175 + 11*a*
6	n° 2			27	25	26	25	21 + 4 *a*	124 + 4*a*
5	n° 1	600		17	21	19	19	6 + 7 *a*	82 + 7*a*
8	n° 2			10	13	15	12	6 + 5 *a*	55 + 5*a*

(1) Le but était représenté par cinq rangées de panneaux placées à 30 mètres l'une derrière l'autre. La hauteur des panneaux était de 2 mètres, la largeur était de 18 mètres pour la première rangée, 24 mètres pour la seconde, 30 mètres pour la troisième et la quatrième, 36 mètres pour la cinquième. La distance de la bouche à feu au but était mesurée à partir de la dernière rangée, de sorte que, en réalité, la pièce était à 280 ou 480 mètres de la première rangée.

(2) *a* représente des empreintes assez profondes pour pouvoir être considérées comme des atteintes utiles.

Dès les premiers coups, on s'aperçut que les boîtes n° 1 s'ouvraient très-difficilement, à tel point que 6 sur 25 restèrent intactes. Pour obvier à cet inconvénient sans être obligé de suspendre les essais, on prit le parti d'enlever quelques rivets. La boîte n° 2 ne présenta jamais le même défaut, probablement parce que ses balles, plus grosses, aidaient mieux en vertu de leur plus grande force d'inertie au gonflement et, par suite, à la rupture de l'enveloppe.

Les résultats de cette première expérience, tout à fait défavorables à la boîte n° 2, engagèrent à continuer les essais avec la boîte n° 1 seulement. Cependant, pour faciliter l'ouverture de la boîte, on remplaça les deux cordons par deux couronnes composées chacune de 3 boutons (fig. 2). Les nouvelles boîtes prirent la dénomination de boîtes n° 3.

On les tira contre les mêmes panneaux que précédemment, et on obtint les résultats suivants :

NOMBRE de coups.	MODÈLE de boîtes.	DISTANCE (1).	TERRAIN.	NOMBRE D'ATTEINTES (2)					
				1re rangée.	2e rangée.	3e rangée.	4e rangée.	5e rangée.	sur les 5 rangées.
6	N° 3	200	Varié.	46	36	33	28	21 + 2a	164 + 2a
8	N° 3	400		15	15	22	18	7 + 10a	77 + 10a
10	N° 3	600		7	8	7	5	0,9 + 3a	28 + 3a
6	N° 3	200	Uni.	53	52	46	39	37 + 4a	232 + 4a
8	N° 3	400		24	31	29	27	12 + 17a	123 + 4a
10	N° 3	600		18	15	12	12	2 + 4a	59 + 4a

(1) La distance fut mesurée à partir de la rangée du milieu (la 3e). — (2) a Empreintes assez profondes pour pouvoir être considérées comme des atteintes utiles.

Cette fois toutes les boîtes s'étaient ouvertes, mais les boutons n'isolaient pas suffisamment l'enveloppe pendant le mouvement dans l'âme. On remarqua en effet sur des enveloppes retrouvées après le tir l'empreinte des cloisons des rayures. Cette circonstance pouvant être une cause d'usure prématurée de l'âme, on se décida à modifier encore une fois le tracé extérieur du projectile. On essaya alors un nouveau modèle (fig. III) qui prit le n° 4, dans lequel on remplaça les boutons par les deux cordons déjà employés sur les deux premiers modèles, mais on eut soin de ménager une solution de continuité d'environ 5 millimètres, à hauteur de la ligne des rivets de l'enve-

loppe, afin d'éviter l'inconvénient qui s'était présenté avec les boîtes n° 1.

NOMBRE de coups.	MODÈLE de la boîte.	DISTANCE (1).	TERRAIN.	NOMBRE D'ATTEINTES (2).					
				1re rangée.	2e rangée.	3e rangée.	4e rangée.	5e rangée.	sur les 5 rangées.
6	N° 4	200	Varié.	37	30	27	28	26 + 3a	148 + 3a
8	N° 4	400		12	13	15	18	14 + 6a	72 + 6a
10	N° 4	600		4	6	8	9	2 + 8a	29 + 8a
6	N° 4	200	Uni.	51	50	44	41	36 + 3a	225 + 3a
8	N° 4	400		25	27	29	25	11 + 18a	117 + 18a
10	N° 4	600		12	15	14	10	1 + 8a	52 + 8a

(1) La distance a été prise par rapport à la rangée du milieu. — (2) La longueur des rangées était : 1re rangée, 18 mètres ; la 2e, 24 mètres ; la 3e, 30 mètres ; la 4e, 36 mètres ; la 5e, 42 mètres. — *a* Empreintes profondes.

Toutes les enveloppes s'étaient ouvertes, et le défaut d'isolement constaté sur le n° 3 ne s'était pas reproduit.

Si on compare entre eux les résultats donnés par les trois modèles de boîtes à mitraille à petites balles n° 1, n° 3 et n° 4, on voit que, au point de vue de l'effet produit, c'était le n° 3 qui avait donné les meilleurs résultats. Mais comme, d'autre part, la boîte n° 4 avait donné des résultats presque équivalents, sans présenter le même inconvénient au point de vue de l'isolement, on donna la préférence au type n° 4.

Toutefois, afin d'augmenter un peu le poids du projectile qui n'était que de $6^k,625$ et le rapprocher davantage de celui de l'obus ordinaire ($6^k,730$), on décida que l'on mettrait en plus une couche de 19 balles.

La boîte à mitraille, adoptée définitivement (fig. IV et V) pour le canon de $8^c,7$, dut donc renfermer 226 balles, disposées sur 10 rangées de 19 et 2 de 18. Son poids total atteignit $7^k,120$.

On ne fit aucune expérience avec cette boîte ainsi modi-

fiée ; il était bien évident que l'accroissement du poids, qui était le résultat de l'augmentation du nombre des balles, ne pouvait qu'améliorer encore les effets du tir.

Détermination des éléments du tir à mitraille.

On exécuta quatre séries de tir, deux en terrain uni et deux en terrain varié, alternativement à 200 et 400 mètres, distance prise cette fois par rapport à la première rangée de panneaux. Les panneaux étaient disposés sur 5 rangées à 50 mètres l'une de l'autre. Toutes les rangées avaient 30 mètres de long et $2^{m},70$ de haut. Afin de pouvoir déduire du petit nombre de coups dont on pouvait disposer, la hausse à inscrire dans les tables de tir pour les différentes distances, on procéda de la façon suivante :

Le centre de chaque rangée de panneaux était indiqué par un gros point noir. Au commencement de chaque série de tir on pointait sur le centre de la première rangée, en employant la hausse trouvée dans la série précédente, puis on abattait la première rangée de manière à apercevoir la deuxième sur le centre de laquelle on pointait en ramenant la pièce à la même position. On notait la hausse ainsi obtenue, puis on opérait de même pour les 3e, 4e et 5e rangées de panneaux. Les hausses ainsi trouvées devaient correspondre aux distances de 250, 300, 350 et 400 mètres pour le tir à 200 mètres, et à celles de 450, 500, 550 et 600 pour le tir à 400 mètres. Dès lors, si en tirant à 200 mètres on trouvait, par exemple, que la troisième rangée contenait le plus grand nombre d'atteintes, on en concluait que la hausse employée convenait mieux pour le tir à 300 mètres et que c'était cette hausse que l'on devait inscrire dans la table comme correspondant à cette distance.

On détermina ensuite graphiquement les hausses intermédiaires appropriées à un terrain varié et à un terrain uni, et on obtint ainsi la table de tir suivante :

DISTANCES.	HAUSSES.	
	Terrain varié.	Terrain uni.
mètres.	millimètres.	millimètres.
200	21	9
300	33	16
400	42	25
500	53	35
600	63	47

Traduit de l'italien, par V. Ch. Michel,

Capitaine d'artillerie.

(*A suivre.*)

NOTE,

SUR

UNE APPLICATION DE LA LOI

DE

PROBABILITÉ DU TIR.

La probabilité p d'un écart compris entre x et $x + dx$ est donnée par la formule :

$$p = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2} dx,$$

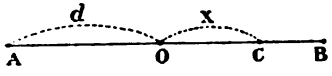
dans laquelle h est une constante liée à l'écart moyen e_m, à l'écart quadratique moyen e_{qm}, et à l'écart probable e_p par les relations suivantes :

$$e_m = \frac{1}{h\sqrt{\pi}},$$

$$e_{qm} = \frac{1}{h\sqrt{2}},$$

$$e_p = 0{,}8453\ e_m.$$

Cela posé, soient A et B, deux buts distincts situés à la même distance du tireur; $2d$, l'intervalle qui les sépare; O, le point milieu; C, le point visé; $x = \mathrm{OC}$, sa distance au point O.



Si les deux objectifs ont une même largeur, suffisamment petite, la probabilité d'atteindre l'un ou l'autre est, à un facteur constant près :

$$p = e^{-h^2(d-x)^2} + e^{-h^2(d+x)^2}.$$

Dans un tir indéfiniment prolongé, le pour cent des coups qui frapperaient l'un et l'autre objectif est donc une fonction de x, dont il est naturel de chercher le maximum.

La dérivée de cette fonction égalée à zéro, donne :

$$(d - x)\, e^{-h^2 (d-x)^2} = (d + x)\, e^{-h^2 (d+x)^2};$$

ou :

$$\frac{d + x}{d - x} = e^{4h^2 dx}. \qquad (1)$$

Cette équation admet une racine nulle qui correspond à un maximum ou à un minimum, suivant que $\frac{d^2p}{dx^2}$ est négatif ou positif pour $x = o$. Or, cette dérivée seconde est, à un facteur positif près :

$$e^{-h^2 (d-x)^2} [2h^2 (d-x)^2 - 1] + e^{-h^2 (d+x)^2} [2h^2 (d+x)^2 - 1]$$

pour $x = o$, elle devient :

$$2e^{-h^2 d^2} (2h^2 d^2 - 1),$$

elle est donc négative ou positive, suivant que l'on a :

$$2h^2 d^2 - 1 \gtrless 0;$$

ou :

$$d \gtrless \frac{1}{h\sqrt{2}},$$

c'est-à-dire, suivant que le demi-intervalle des deux buts est plus petit ou plus grand que l'écart quadratique moyen en direction.

1er *Cas* : $x = o$ rend la fonction p maximum ; dans ce cas, l'équation (1) n'admet pas d'autre racine positive. En effet, si on développe ses deux membres en séries suivant la formule de Mac-Laurin, on obtient :

$$\frac{d + x}{d - x} = 1 + 2\frac{x}{d} + 2\left(\frac{x}{d}\right)^2 + 2\left(\frac{x}{d}\right)^3 + \text{etc.};$$

et,

$$e^{4h^2 dx} = 1 + 4h^2 d + \frac{(4h^2 dx)^2}{1.2} + \frac{(4h^2 dx)^3}{1.2.3} + \text{etc.}:$$

or, il est facile de voir que les termes de la première série sont respectivement plus grands que ceux de la seconde, à cause de la condition $2h^2 d^2 < 1$.

2e *Cas* : $x = o$ rend la fonction p minimum ; cette fonction augmente donc en même temps que x, et comme elle devient nulle lorsque x est infiniment grand, elle

passe dans l'intervalle par un maximum qui correspond à une racine positive de l'équation (1); de plus, cette racine est inférieure à d, car toute valeur plus grande rendrait le premier membre négatif et le second positif.

Il est d'ailleurs à remarquer que l'équation (1) reste la même si on y change x en $-x$, ce qui était facile à prévoir à cause de la symétrie de la fonction p. Il n'y a donc pas, dans le premier cas, de racine négative, et, dans le second, il y en a une égale, en valeur absolue, à la racine positive.

En résumé, si l'intervalle des deux buts est inférieur au double écart quadratique moyen en direction, la fonction p est maximum pour $x = o$, et elle n'admet pas de minimum; dans le cas contraire, elle est minimum pour $x = o$ et maximum pour deux valeurs de x égales et de signes contraires. Ces deux dernières sont, en valeur absolue, plus petites que d, et elles s'annulent en même temps si l'intervalle devient égal au double écart quadratique moyen.

De là résulte la règle suivante :

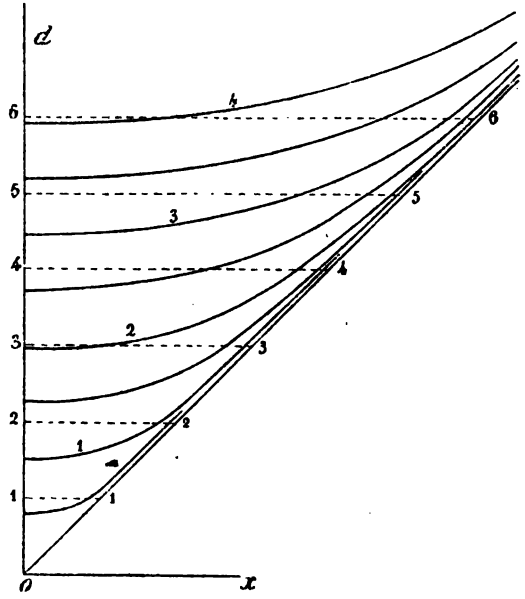
Lorsque le but à battre se compose de deux objectifs distincts de même largeur, et qu'on a le même intérêt à détruire (par exemple : deux embrasures voisines d'une même batterie, deux pièces d'une même section, etc.), le maximum de l'effet possible ne s'obtient pas en visant successivement chacun des deux objectifs, mais en visant le milieu de leur intervalle, s'il est inférieur ou égal au double écart quadratique moyen en direction; dans le cas contraire, un point compris entre le milieu et un des deux objectifs.

Pour que ces derniers reçoivent le même nombre de coups, il est clair qu'il faut viser alternativement les deux points symétriques déterminés par l'équation (1).

Cette équation est transcendante, mais on peut facilement la résoudre en substituant à x quelques valeurs comprises entre zéro et d; on approche ensuite de la racine par la méthode de Newton. Une grande approximation

n'est pas d'ailleurs nécessaire, car, à cause de la propriété des maximum, une petite erreur commise sur x ne modifie pas sensiblement la valeur de p.

On a consigné dans le graphique ci-dessous, les valeurs de x ainsi obtenues, correspondant à différentes valeurs



de d et de h; seulement, au lieu du coefficient h, ou de l'écart quadratique moyen qui n'est pas usité, on a introduit l'écart probable qui est dans les tables. Ces deux écarts sont liés entre eux par les deux formules suivantes, équivalentes :

$$e_{qm} = e_p \cdot 1{,}4827,$$
$$e_p = e_{qm} \cdot 0{,}67445.$$

Les horizontales pointillées représentent à l'échelle de $\frac{1}{100}$ le demi-intervalle des deux objectifs ; le point qu'il faut viser dans chaque cas est à l'intersection de l'horizontale correspondante avec la courbe qui répond à l'écart probable.

Si l'horizontale et la courbe ne se rencontrent pas, c'est qu'il faut viser le milieu de l'intervalle.

Les courbes de ce graphique ne sont autre chose que la traduction géométrique de l'équation (1). Leur tracé se simplifie si on considère qu'elles sont homothétiques par rapport au point O. En effet, on peut dans l'équation (1) prendre pour variables hd et hx; si donc h_1 et d_1, h_2 et d_2 représentent deux couples de valeurs de h et de d, telles qu'on ait :

$$h_1 d_1 = h_2 d_2 ;$$

on aura identiquement :

$$h_1 x_1 = h_2 x_2 ;$$

d'où l'on tire :

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{e_1}{e_2}.$$

Il est à remarquer enfin que les nombres de ce tableau peuvent être tous multipliés par un même coefficient ; ce qui revient à changer d'unité de longueur. Cette remarque permet de faire rentrer dans le graphique les données qui n'y figureraient pas.

Exemples numériques. — Un canon de 16c de la marine, modèle 1864, a pour objectif une batterie de deux pièces, dont les embrasures sont à 8 mètres d'axe en axe.

Quel point de la batterie faudra-t-il viser pour obtenir le plus grand nombre possible de coups d'embrasure ?

Ce point dépend de la distance de tir ; suivant qu'on tire à 1900 2000 2100 mètres,

l'écart probable est :

$2^m,4$ $2^m,5$ $2^m,6$;

il faut donc pointer (voir le graphique) à :

3^m $2^m,50$ $1^m,90$,

alternativement à droite et à gauche du milieu.

Si la distance de tir est égale ou supérieure à 2180 mètres, il faut pointer au milieu du merlon ; si, au contraire,

elle était inférieure à 1 900 mètres, il faudrait pointer de plus en plus près de chaque embrasure; au-dessous de 1 800 mètres, le point à viser est assez près du milieu de l'embrasure pour qu'on puisse le confondre avec lui.

Si l'on voulait exécuter contre la batterie un tir plongeant avec un canon de 155^{mm} à la charge de 3 kil., les nombres précédents correspondraient à des distances de tir sensiblement égales à 3 900, 4 100, 4 300 mètres. Au-dessous de 3 600, on pourrait viser chaque embrasure séparément; au delà de 4 400, il faudrait viser le milieu du merlon.

Si l'on tirait avec un canon de 7 rayé de campagne, à charge de guerre, c'est au delà de 3 000 mètres qu'il faudrait pointer au milieu du merlon. Ce serait à 4 000 mètres avec un canon de 90^{mm}.

Plus la pièce employée est juste, plus grande est la distance à partir de laquelle on a intérêt à appliquer les règles précédentes; mais il faut remarquer que le tir d'exercice et, à plus forte raison, le tir de guerre, comportent des écarts sensiblement supérieurs à ceux du tir de commission qui figurent dans les tables; les distances de tir, auxquelles les règles en question peuvent être appliquées utilement, sont donc inférieures à celles données dans les exemples précédents.

Calcul du pour cent des coups gagnés. — Lorsque l'intervalle des deux objectifs est notablement supérieur au double écart quadratique moyen, le point à viser est très-rapproché de l'un deux, et, par suite, le nombre des coups qui atteignent l'autre est relativement petit; le bénéfice que procure l'application de notre règle est donc insignifiant; c'est lorsque l'intervalle est relativement petit, auquel cas, il faut pointer en son milieu, que ce bénéfice est appréciable. Cependant, si l'intervalle était presque nul, le bénéfice serait presque nul aussi; il existe donc, étant donné l'écart probable, un intervalle pour lequel le pour cent des coups gagnés est maximum. Cet intervalle est facile à déterminer. En effet, le nombre des coups qui

atteindront les deux objectifs, si l'on vise l'un deux seulement, est, à un facteur constant près :

$$p = 1 + e^{-4h^2d^2};$$

si l'on vise le point milieu, ce nombre devient :

$$p_1 = 2e^{-h^2d^2}.$$

Le pour cent des coups gagnés $\frac{p_1 - p}{p}$ ou $\frac{p_1}{p} - 1$ est donc égal à :

$$\frac{2e^{-h^2d^2}}{1 + e^{-4h^2d^2}} - 1. \qquad (2)$$

Le maximum de cette expression a lieu en même temps que celui de son premier terme, qu'on peut mettre sous la forme :

$$\frac{2e^{-z}}{1 + e^{-4z}}; \qquad (3)$$

en posant :

$$z = h^2d^2.$$

Égalant à zéro la dérivée de l'expression (3), il vient :

$$-2e^{-z}(1 + e^{-4z}) + 4e^{-4z}.\,2e^{-z} = 0;$$

d'où :

$$e^{-4z} = \frac{1}{3} \qquad z = \frac{\log 3}{4 \log e};$$

on en conclut :

$$hd = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\log 3}{\log e}} = 0{,}5241.$$

Si on remplace h par sa valeur en fonction de l'écart quadratique moyen ou de l'écart probable, on trouve :

$$d = 0{,}7412\, e_{qm},$$

ou :

$$d = 1{,}0989\, e_p;$$

substituant dans l'expression (2), on obtient la fraction

$$0{,}1397,$$

ou, en nombre rond, 14 p. 100. La valeur obtenue pour d diffère très-peu de l'écart probable ; dans le voisinage de son maximum, l'expression (2) varie d'ailleurs extrêmement peu ; ainsi, elle reste supérieure à 0,11 tant que le

demi-intervalle d est compris entre les $\frac{3}{4}$ et les $\frac{5}{4}$ de l'écart probable. On peut donc poser les règles suivantes qui résument tout l'intérêt pratique de nos calculs :

1° *Lorsque l'intervalle qui sépare les deux objectifs à battre est voisin du double écart probable en direction, on obtient en visant le point milieu un nombre de coups au but supérieur de* 14 *p.* 100 *environ à ce qu'il serait si on visait successivement chacun des deux objectifs ;*

2° *La bonification est toujours supérieure à* 11 *p.* 100, *tant que l'intervalle des deux objectifs est compris entre* 1 *fois et demie et* 2 *fois et demie l'écart probable ;*

3° *Il existe donc pour chaque pièce une distance de tir à laquelle cette bonification est maximum.*

Exemples numériques. — Un canon de 7 rayé de campagne tire de plein fouet à 3 200 mètres sur une batterie de deux pièces dont les embrasures sont à 6 mètres d'axe en axe : l'écart probable est alors de 3 mètres ; on obtient donc, en visant le milieu du merlon, un nombre de coups d'embrasure supérieur de 14 p. 100 à ce qu'il serait si on visait successivement chaque embrasure. En outre, tant que la distance de tir est intermédiaire entre 2 800 et 3 900 mètres, l'écart probable est compris entre $2^{m},4$ et 4 mètres, et, par suite, la bonification est supérieure à 11 p. 100.

Si on admet que, par suite des irrégularités inhérentes au tir de guerre, les écarts de la pièce sont augmentés dans la proportion de 1 à $\frac{3}{2}$, hypothèse d'ailleurs assez plausible, c'est aux environs de la distance de tir de 2 400 mètres que la bonification est maximum, et c'est entre 2 100 et 3 000 mètres qu'elle est supérieure à 11 p. 100.

Dans la même hypothèse, avec un canon de 90^{mm} de campagne, c'est à 3 500 mètres que la bonification est maximum et c'est entre 3 200 et 4 000 mètres qu'elle est supérieure à 11 p. 100.

A. Percin,
capitaine d'artillerie.

NOTE SUR L'ORGANISATION ET L'EMPLOI

DE

L'ARTILLERIE DE SIÈGE

Par le capitaine WALKEY, R. A.,

Instructeur d'artillerie à l'Académie royale militaire.

(Extrait des *Proceedings of the Royal Artillery Institution.*)

CHAPITRE PREMIER.

Conditions nouvelles de l'attaque. **— Première et seconde positions de l'artillerie. — Emploi des différents calibres. — Composition du parc de siège anglais. —** ***Tir en brèche.*** **— Tir de démolition. — Vitesse nécessaire. — Limite de l'obliquité du tir. — Indications pratiques de l'avancement d'une brèche. — Remarques sur le tir.—** ***Munitions.*****— Bases de l'approvisionnement. — Rapidité du tir. — Tir de nuit. — Proportion des différentes sortes de projectiles. —** ***Voitures et affûts.*** **— Manière d'abriter les servants. — Parcs de siège.**

Conditions nouvelles de l'attaque.

La grande puissance des armes rayées et l'effet meurtrier du shrapnel sur une chaîne de tirailleurs ont modifié les procédés d'investissement et les premières opérations de l'attaque d'une place.

L'artillerie de la défense permet à ses tirailleurs de se maintenir pendant le jour à 1000 mètres, au moins, en avant des ouvrages, couverts par des embuscades ou des tranchées. L'assiégeant aura à repousser ces troupes avancées avant que ses travailleurs puissent remuer la terre, et ses petits postes devront se tenir hors de la portée du canon de la place.

D'après le prince de Hohenlohe, « la position des premières batteries sera déterminée par le terrain ; on ne

pourra empêcher l'assiégé, dans une défense bien conduite, de placer ses avant-postes à 1 000 ou 2 000 pas de ses ouvrages, et, par conséquent, la distance à ces ouvrages des premières batteries de l'assiégeant variera de 2 500 à 4 000 pas. Elles seront destinées à bombarder la place et forcer l'ennemi à abandonner le terrain qu'il occupe au dehors. »

Dans la guerre de 1870, les Allemands établissaient leurs premières batteries de bombardement à 4 000 mètres et plus. Mais ces distances sont trop grandes ; il faut un tir plus précis pour détruire l'armement de la défense, faire brèche ou préparer un assaut.

Il sera indispensable d'occuper une seconde position plus rapprochée, dès que le feu des premières batteries l'aura rendu possible par l'effet produit sur l'artillerie de la place. On répartit à propos les batteries pour le tir de plein fouet, plongeant ou vertical, les contre-batteries, les batteries de brèche et de démolition.

La distance sera assez faible pour permettre de démonter les pièces et de faire brèche, mais supérieure à la portée efficace des feux d'infanterie. On ne doit pas oublier qu'il faut beaucoup de munitions pour que le tir de plein fouet soit efficace à 1 500 mètres, ou le tir plongeant à 1 200 mètres.

Avant de décider des calibres à employer, il est bon d'examiner la destination des différentes bouches à feu :

1° Bombarder, c'est-à-dire détruire de loin les bâtiments, les approvisionnements, etc. ;

2° Démonter l'artillerie ;

3° Faire brèche ;

4° Éteindre le feu de l'infanterie, protéger les travaux du siège, et battre les terre-pleins pour en chasser l'ennemi.

Pour bombarder les édifices, aux grandes portées, on doit chercher de grands effets de pénétration et d'éclatement ; le poids du projectile et la charge intérieure seront maximum.

En outre, pour fouiller les positions ennemies, à ces grandes portées, par le tir direct, plongeant ou vertical, plus le projectile est lourd et la charge intérieure considérable, plus il a d'effet. En vue du bombardement, une partie du parc de siège doit être formée de canons et obusiers rayés lourds. Quand il sera possible de les installer plus près, des bouches à feu de calibre et poids moyens suffiront.

On éteint le feu de l'artillerie en démontant les pièces ou en rendant le terre-plein inhabitable.

Le dernier procédé est le plus rapide, mais n'a qu'un effet temporaire ; dans une attaque régulière, on doit s'attacher à démonter les pièces de l'ennemi.

Il faut pour cela des conditions de portée, de précision et de force vive que réclame aussi le tir d'enfilade aux grandes distances. La condition d'un tir précis exige l'emploi de canons.

Mais les places modernes ont leur artillerie si bien défilée qu'il faut, pour l'atteindre, des obusiers à tir plongeant et vertical, du calibre le plus fort.

Pour le tir en brèche ordinaire, un calibre moyen suffit ; mais il faut employer de gros projectiles pour *démolir*.

Pour tirer sur les troupes et éteindre le feu de l'infanterie, il faudra une pièce de grande portée, à grand effet d'éclatement, et en même temps très-mobile.

Enfin, des pièces d'un poids très-faible, parce qu'on aura souvent à les déplacer, seront nécessaires pour armer les ouvrages avancés, repousser les sorties et balayer les parapets. Le canon de montagne de 200 livres paraît convenir, ainsi que les mitrailleuses, qui joignent à une grande mobilité l'avantage de ne pas avoir de recul et par conséquent d'exiger moins de place.

On peut conclure qu'un parc de siège doit comprendre :

1° Des obusiers lourds et moyens ;

2° Des canons lourds et moyens ;

3° Des pièces de campagne, des canons très-légers et des mitrailleuses.

Il reste à examiner dans quelles proportions ces bouches à feu doivent entrer dans l'équipage de siège.

Un parc de siège dans l'armée anglaise se compose d'un certain nombre d'unités ou sections, armées de canons lourds ou légers.

La section lourde comprend :

8 canons de 64 livres avec affûts de siège et chariots porte-corps ;
8 canons de 40 livres ;
14 obusiers de 8 pouces ;

30 pièces rayées se chargeant par la bouche.

La section légère comprend aussi 30 pièces rayées se chargeant par la bouche, savoir :

10 canons de 40 pouces ;
10 — de 25 —
10 obusiers de 6,3 pouces.

A chacune de ces unités sont attachés, en outre, 6 canons de 7 rayés de 200 livres sur affûts en fer, et 300 fusées de guerre de 24 avec six chevalets.

Tir en brèche.

Longtemps on a fait brèche en pratiquant des tranchées dans la maçonnerie ; quand le parapet ne s'éboulait pas de lui-même, on y lançait, à faible charge, quelques obus qui l'ébranlaient et déterminaient la chute du mur et des terres.

On coupait habituellement le mur par une tranchée horizontale à un tiers de sa hauteur, puis deux tranchées verticales limitaient la brèche. Dans une maçonnerie très-résistante, on faisait des tranchées verticales intermédiaires. Chaque pièce avait une portion du mur à creuser.

Cette méthode exige une connaissance exacte du profil de la fortification, la possibilité d'observer le tir, et une

grande précision ; on ne pouvait faire brèche que de près avec les canons lisses.

En 1870, on fit brèche par ce procédé à plusieurs ouvrages de Strasbourg, à des distances de 725 à 800 mètres, admissibles pour les pièces rayées.

Dans les places modernes, les magistrales sont trop au-dessous de la crête de la masse couvrante pour qu'on puisse atteindre le mur au tiers de sa hauteur par un tir de plein fouet ; il faudra employer le tir plongeant si l'on ne peut raser la masse couvrante. Dans certains ouvrages, il faudrait un angle de chute de 26° pour atteindre le milieu de l'escarpe ; on admet qu'il n'est pas nécessaire de descendre plus bas ; les obus oblongs ont une grande puissance d'éclatement et donnent beaucoup de déblai.

Il est difficile d'obtenir des tranchées régulières par le tir plongeant. Non-seulement la diminution de la vitesse et l'accroissement de la durée du trajet entraînent moins de précision, mais encore la section de la gerbe des coups utiles diminue quand l'angle de chute augmente.

On fit brèche par le tir plongeant à la face droite de la lunette 53 au siège de Strasbourg. La portée était de 780 mètres, la direction du tir faisait avec l'escarpe un angle de 55°, l'angle de chute était de 7°45′.

Un millier d'obus de 15^{c}, du poids de 61 livres (27^{k},670), pratiquèrent une brèche de 33 mètres au sommet et de 27 mètres au seuil de la maçonnerie subsistante ; l'épaisseur du mur était de 1^{m},35 et 1^{m},80 à ces deux hauteurs. On employa donc en moyenne 37 coups par mètre, mais la brèche n'était pas finie ; le mauvais temps, un personnel peu exercé augmentaient les difficultés.

A la face droite du bastion 11, à 800 mètres, sous un angle de 80° et un angle de chute de 4°30′, 20 coups par mètre ouvrirent une brèche large de 29 mètres. La coupure horizontale était régulière à un quart de la hauteur; les coupures verticales pratiquées, le mur tomba en deux morceaux.

En battant normalement le bastion 12 à 720 mètres, sous un angle de chute de 3°55′, on pratiqua des tranchées horizontales et verticales régulières; une brèche praticable fut ouverte avec 27 coups par mètre. Les circonstances étaient particulièrement défavorables.

La brèche de la lunette 53, comme on le reconnut plus tard, avait été faite par démolition plutôt que par tranchées régulières. Les exemples ci-dessus montrent que le résultat est obtenu plus rapidement quand l'angle de chute est faible et la direction du tir moins oblique.

Par le tir plongeant, on peut faire brèche de loin, c'est-à-dire à une période moins avancée du siège. Le fait qu'il existe une brèche praticable et que l'assaut devient possible peut exercer une grande influence sur le moral des deux partis et l'issue de la lutte.

Le général von Decker pense qu'au siège de Strasbourg, s'il avait fallu faire brèche de plein fouet, on n'aurait commencé que quinze jours plus tard, tandis que la brèche faite de bonne heure accéléra beaucoup les travaux de sape et la reddition de la place.

Les Allemands se sont beaucoup aidés, pour faire brèche à des escarpes couvertes, des données fournies par les expériences qu'ils ont faites en 1869, et qui ont été publiées depuis la guerre.

Il est difficile d'abord, de déterminer la charge qui convient à la portée et à l'angle de chute, puis de corriger le tir qu'on ne peut pas observer. La méthode qui réussit le mieux, en 1870, consistait à tirer sur une partie visible du rempart; on déterminait ensuite de combien il fallait abaisser le point moyen ainsi obtenu pour pratiquer la tranchée horizontale, et après un certain nombre de coups on déplaçait le tir à droite ou à gauche pour donner à la brèche la largeur nécessaire. Un poste d'observation était installé loin de la batterie, et, quand le groupement des coups était signalé comme bon, on n'avait plus qu'à relever légèrement le tir avec le quart de cercle à mesure que

l'obliquité augmentait. Les groupes de coups, régulièrement disposés, étaient toujours contigus.

1° Il importe d'observer le tir toutes les fois que cela est possible.

2° Il est bon de vérifier l'angle de tir plusieurs fois par jour, en le diminuant légèrement, de manière à écrêter la masse couvrante.

3° Quand on bat l'escarpe normalement, il est avantageux de commencer la brèche par le milieu ; quand le tir est très-oblique, c'est par l'extrémité la plus rapprochée.

4° Si la batterie de brèche se compose d'un grand nombre de bouches à feu, on peut grouper les pièces par moitié et attaquer la tranchée par les deux bouts à la fois.

5° Le déplacement latéral du point moyen est peut-être plus précis quand on le fait en changeant la dérive et conservant le même point de repère.

6° Il faudrait prendre note exactement de l'angle de tir et de la dérive pour chaque groupe de coups, afin de pouvoir passer par les mêmes points moyens quand on parcourt une seconde fois la tranchée horizontale pour l'approfondir.

7° La hauteur étant fixée pour la tranchée horizontale, il ne faut pas calculer l'angle de chute de manière que le coup moyen rase la crête couvrante qui arrêterait ainsi la moitié des projectiles. La trajectoire rasante doit être celle qui passe au-dessous de la direction moyenne à une distance égale à l'écart probable vertical. Quand les éléments en sont calculés, on augmente l'angle de tir de manière à placer le point moyen à la hauteur voulue.

La difficulté de pratiquer des coupures régulières par le tir plongeant a conduit à des expériences où l'on faisait brèche en attaquant le revêtement à partir de la magistrale, et le détruisant ainsi de haut en bas, sur la hauteur nécessaire. Les projectiles qui s'enfoncent dans le parapet attaquent la maçonnerie aussi bien que s'ils y entraient direc-

tement. La charge intérieure produit beaucoup d'effet si la fusée est assez lente pour laisser pénétrer le projectile jusqu'à l'arrêt.

En 1873, les Prussiens ont essayé un tir en brèche à Graudenz avec des canons de 12c, 15c et 21c, pour comparer les procédés par tranchées et par démolition. Les fusées étaient lentes ; l'explosion avait lieu une seconde après le choc.

Pour le canon de 15c, les conditions du tir par tranchées étaient 75° d'inclinaison et 235 mètres de vitesse restante ; le tir à démolir se faisait dans une direction inclinée de 57° sur le revêtement, et avec une vitesse restante de 203 mètres. Il fallut 63 coups par mètre pour faire une brèche praticable, dans le premier cas, tandis que 52 coups suffirent dans le second.

Ce résultat, d'accord avec ceux qu'on avait obtenus en France, montre qu'en employant le tir à démolir on réalise une économie de munitions ; on est de plus dispensé d'observer, dès le début, l'effet du tir, et on sait que la brèche peut être praticable dès qu'on a renversé la moitié supérieure du mur.

Faire brèche par tranchées sera rarement avantageux et deviendra une exception. Telle est la conclusion des officiers allemands, d'accord en cela avec le comte Bylandt-Rheidt, de l'artillerie autrichienne.

Le meilleur procédé à employer dépendra des circonstances. Il faudrait admettre, en principe, que, contre une maçonnerie peu résistante, la tranchée horizontale sera plus rapide si on peut tirer de plein fouet et observer les coups ; mais la difficulté augmente beaucoup avec l'épaisseur du mur et l'angle de chute. Le tir à démolir est avantageux pour renverser avec le mur les contreforts, que la brèche par tranchées laisse quelquefois debout et qu'il est toujours difficile de détruire après coup. En outre, il faut moins de précision, condition importante dans le tir plongeant. La maçonnerie est plus divisée, la brèche, par

suite, plus accessible ; on a, d'ailleurs, l'avantage d'attaquer le mur par sa partie la plus faible.

Les expériences de Graudenz établissent qu'on peut démolir sous un angle de chute de 15°. Quant à la comparaison des divers calibres, les canons de 15ᶜ et de 21ᶜ, à différentes périodes des expériences, ont donné des résultats proportionnels, c'est-à-dire qu'avec la même vitesse restante, un même poids de projectiles produisait le même effet. Le principal avantage du gros calibre est dans l'économie de temps, élément important. Il est certain, d'ailleurs, qu'un gros projectile peut avoir sous un grand angle de chute, avec peu de vitesse, la force vive nécessaire pour faire brèche, tandis qu'un obus plus léger ne pénétrerait pas, dans les mêmes circonstances.

Aucune expérience concluante n'a déterminé la résistance des divers revêtements : pierre de taille, maçonnerie, ciment, ni la force vive nécessaire à un projectile pour les entamer.

Au siège de Strasbourg, le mur de gorge de la lunette 44 fut détruit à la distance de 880 mètres : l'angle de chute était 11°45′, la vitesse restante 145 mètres, la maçonnerie ordinaire, le calibre 21ᶜ.

La composante normale de la vitesse était :

$$145^{m} \times \cos.\ 11°45' = 142^{m}.$$

La puissance vive normale :

$$\frac{Pv^2}{2g} = \frac{80^k \times 142^2}{19,63} \text{ kilogrammètres} = F.$$

La puissance vive par centimètre de la circonférence :

$$\frac{F}{\pi \times 21}.$$

En 1824, on avait fait quelques expériences de brèche par le tir plongeant avec l'obusier de 10 pouces, celui de 8ᵖᵒ et la caronade de 68 livres. L'angle de tir variait de 13° ½ à 14°, les charges entre 1 et 2 livres. Une brèche de 14 pieds de large fut ouverte après 1 400 coups. Les vⁱ

tesses restantes calculées étaient 77, 77,30 et 86 mètres; les puissances vives correspondantes 12350, 6250 et 11400 kilogrammètres. Les vitesses nécessaires pour donner les mêmes forces vives à un projectile de 40 livres seraient de 115, 82 et 110 mètres.

Pour les canons de 12c et 15c, les Allemands considèrent les vitesses de 220 et 160 mètres comme limites inférieures pour faire brèche.

Dans le cas où l'on emploie différents projectiles, la vitesse normale, et par suite la vitesse suivant la trajectoire, peut être calculée pour chacun, si l'on connaît, avec l'angle de chute, la puissance vive nécessaire par centimètre de la circonférence.

On pourra quelquefois diminuer l'angle de chute en tirant plus obliquement, de manière à augmenter la distance du point à battre à la crête couvrante; mais il ne faut pas oublier qu'on réduit en même temps la composante normale de la vitesse. C'est en partie pour diminuer l'angle de chute que l'on tira si obliquement sur la lunette 53 à Strasbourg.

La limite de l'obliquité dépend aussi du revêtement; on admet; pour la maçonnerie ordinaire, 55° à 60°. La lunette 53 fut battue, nous l'avons dit, sous un angle horizontal de 55°, le mur était en grès rouge. « On observa d'abord plusieurs ricochets, et pour entamer plus aisément le mur, on tira deux salves de 4 pièces dirigées sur le même point, puis une troisième salve à 1 mètre de distance horizontale. » Le ricochet se produit moins une fois le mur entamé.

Sur un ravelin de Graudenz, on exécuta un tir de démolition, dans une direction inclinée de 57°42′, sous un angle de chute de 7°; la vitesse restante était 208 mètres. Avec cette obliquité, considérée comme extrême limite pour les projectiles oblongs, aucun ne ricocha. On n'admet pas, en France, un angle plus petit que 60°.

Le bruit du choc contre la maçonnerie est sec; il est

sourd quand le mur est traversé, comme lorsque l'obus s'enfonce directement dans la terre. Plus le projectile pénètre dans la maçonnerie plus la fumée est lente à s'élever. Jusqu'à ce que le mur soit traversé, la fumée est bleuâtre, ou rouge si le mur est en brique. Quand l'obus éclate dans la terre au delà du mur, la fumée, gris foncé, semble sortir d'une cheminée. A Graudenz on observa des éclats en arrière jusqu'à 400 mètres de l'escarpe.

En général, on obtiendra plus vite un résultat décisif en concentrant le feu des batteries sur l'artillerie de la place, les magasins, la brèche ou les troupes de la défense; l'objectif atteint, on tire encore dans cette direction à intervalles inégaux, tandis que l'on concentre sur un autre point le feu de la plupart des pièces.

En principe, dans le tir d'enfilade, une trajectoire tendue et une grande vitesse sont avantageuses. Quand les obus s'enfoncent, l'angle de chute augmentant, leur effet meurtrier diminue beaucoup ainsi que leur action sur le matériel.

Avec le feu courbe ou vertical, pour faire brèche ou bombarder, la charge doit être aussi forte que possible pour que le projectile arrive avec une grande vitesse; aussi, pour un angle de chute donné, une grande portée qui exige une forte charge est-elle préférable, en tant que le tir conserve une précision suffisante.

Le tir de nuit sera plus précis s'il est exécuté par le détachement qui a servi les pièces de jour; on a pu tirer des coups d'essai avec le procédé de repérage qui doit être employé de nuit. Les observateurs qui connaissent bien le terrain, peuvent savoir, de nuit, où a frappé l'obus qu'ils voient éclater.

Munitions.

Les approvisionnements nécessaires en munitions varient avec la durée du siège. Aucune pièce ne doit avoir à interrompre son feu faute de munitions, avant la chute

de la place. Il faut donc un premier approvisionnement que l'on entretiendra journellement.

Le prince de Hohenlohe veut dans les magasins de la batterie, à l'ouverture du feu, une quantité de munitions double de la consommation journalière prévue. Le détachement qui relève apporte avec lui, du dépôt intermédiaire, les munitions à consommer dans un jour. Si on en a employé plus ou moins que d'habitude, le commandant de la troupe relevée en donne avis de manière que la compensation s'établisse le lendemain.

Quelques pièces doivent continuer le tir pendant toute la durée du siège; ce sont celles qui bombardent ou battent les remparts; si elles cessaient le feu, l'assiégé pourrait reconstruire ses abris ou réparer les dégâts; l'objectif est de ne laisser aucun repos à l'ennemi et de l'inquiéter sans cesse. D'autres pièces, celles qui battent en brèche, tirent à ricochet ou contre-battent l'artillerie, sont appelées à tirer rapidement d'une manière continue pendant quelques jours, puis leur objectif atteint, il ne faut plus qu'un tir lent de jour et de nuit pour empêcher les travaux de réparation ou d'armement. L'artillerie de campagne et les pièces légères ont besoin de plus ou moins de munitions suivant l'activité de la garnison.

La vitesse du tir doit toujours être sacrifiée à la précision; on doit le régler sans cesse par les observations faites de la batterie ou d'un poste qui y communique au moyen de signaux.

Quelles que soient les circonstances, on dépassera rarement 15 coups à l'heure, de jour, et la moitié, pendant la nuit. Le tir en brèche indirect sera moins rapide que le tir direct. De nuit, sauf le cas d'attaque ou de sorties, on ne tirera que ce qu'il faut pour empêcher les travaux de l'assiégé.

Le prince de Hohenlohe admet comme une limite qu'on n'atteindra que rarement 50 à 60 coups par 24 heures. Dans leur dernière guerre, les Allemands ont tiré rare-

ment plus de 8 coups par heure, de jour, 3 ou 4 au plus, de nuit.

L'instruction française de 1876 indique comme approvisionnement minimum pour 24 heures, 80 coups pour les canons de moyen calibre, 60 pour ceux de gros calibre, et 40 pour les mortiers.

Les directions du tir tracées sur la plate-forme devraient porter l'indication du but et l'angle de tir. Avec des repères soigneusement placés de jour, éclairés la nuit, il n'y a pas de raison pour que le tir de nuit soit moins précis que celui de jour.

Des expériences ont été faites en Russie, en 1875, sur le tir des shrapnels pendant la nuit. On voulait s'assurer s'il était possible d'empêcher de travailler aux parapets. On tira, à 1065 mètres, deux canons de 24 lançant des obus de 78 livres (35^{k},380), contenant 230 balles et munis de fusées à temps. Le canon était pointé au moyen de deux piquets distants de 43 mètres, plantés de jour en avant de la batterie. L'angle de tir étant donné avec le quart de cercle, on disposait la hausse de manière à faire passer la ligne de mire à hauteur des piquets, et, au point où elle les coupait, on plaçait une lanterne suspendue à un anneau coulant; 56 travailleurs étaient représentés sur un parapet ruiné. Après 20 coups, 201 balles ou éclats d'obus avaient atteint 45 des travailleurs. On ne pourrait donc, même de nuit, réparer un parapet sans s'exposer à de grandes pertes.

Dans l'armée anglaise, le parc de siège est approvisionné, au début, à 500 coups par pièce. D'après le prince de Hohenlohe, on s'est partout tenu entre les limites 300 et 500. La proportion pour cent des différentes espèces de projectiles est indiquée, pour l'artillerie anglaise, dans le tableau suivant :

TABLEAU.

CALIBRES.		OBUS ordinaires.	SHRAPNELS.	PROJECTILES de rupture.	BOÎTES à mitraille.	OBUS éclairants.	OBUS incendiaires.	OBUS allongés.
Section lourde.	64l	60	30	8	2	»	»	»
	40l	60	36	»	4	»	»	»
	8pc (obusier)	90	»	»	2	2	6	»
	7l	30	»	»	»	»	»	70
Section légère.	40l	68	30	»	2	»	»	»
	25l	60	36	»	4	»	»	»
	6pc,3 (obusier)	90	»	»	2	2	6	»
	7l	30	»	»	»	»	»	70

Pour éviter les inconvénients du transport et de la conservation des poudres en masse, autant que pour gagner du temps, il importe de transporter toutes les gargousses confectionnées dans des boîtes doublées de métal, et les projectiles chargés ainsi que les boîtes à mitraille, dans des caisses en bois.

Voitures et affûts.

Chaque pièce de siège a son affût, de disposition variable suivant l'emploi. On transporte les pièces sur affûts tant que cela est possible: 12 chevaux, nombre limite pour un attelage, peuvent traîner 5 000 kil., poids qu'il ne faut pas dépasser en ajoutant à celui du canon celui de la voiture qui le porte.

La possession de lignes de chemins de fer conduisant aux places à assiéger permettrait, sans doute, d'utiliser des calibres plus forts, mais le poids transportable servira de limite au poids des pièces de siège tant qu'elles ne seront pas démontables.

Une voiture de transport peut être bien moins résistante et moins lourde qu'un affût destiné au tir de la même pièce; on peut donc se servir d'un calibre plus fort si la pièce est transportée sur un chariot pendant que son affût roule à vide, ou bien est chargé sur une autre voiture. C'est ainsi

que voyagent d'habitude les canons de 64 livres. Les pièces moins lourdes roulent sur leurs affûts, lorsque le poids total ne dépasse pas 5000 kil. Dans ce dernier cas, il faut moins de voitures et de chevaux; les colonnes sont moins longues, et on gagne du temps pour armer les batteries, en évitant la manœuvre de placer la pièce sur son affût.

Il faut des modèles d'affûts différents pour le tir vertical, plongeant et de plein fouet. Les nouveaux affûts de siège, en fer, permettent les deux premiers genres de tir. Il en est de même des affûts de 7 livres, et de la moitié des affûts d'obusier de 8 pouces.

La précision du tir des canons rayés oblige à examiner si le tir de plein fouet est possible à barbette ou derrière une embrasure profonde. Des expériences exécutées à Eastbourne en 1876 ont montré qu'un canon tirant à barbette était, même aux grandes dtstances, rapidement démonté par des pièces placées au même niveau.

En 1875, on a fait, en Russie, des expériences sur le nombre de coups nécessaires pour démonter un canon dans différentes positions :

1° Un canon à barbette, sans masque, fut démonté après 24 coups, et tous les servants atteints;

2° Un canon placé derrière une embrasure ordinaire eut le même sort après 10 coups; l'embrasure fut complètement bouleversée.

3° Avec un canon placé derrière une embrasure peu profonde, à une certaine distance du talus intérieur, à la queue de la plate-forme on obtint le même résultat après 52 coups; l'embrasure était transformée en tranchée de 3 pieds de profondeur sur 10 de large.

Le canon employé pour ces expériences était un canon de 24, tirant à obus ordinaires avec fusée percutante prussienne; la distance était de 1 065 mètres.

Le canon placé derrière une embrasure profonde est plus vite démonté parce qu'il offre un but plus visible.

L'opinion du général Todleben est que le tir direct est inadmissible, que la pièce soit en barbette ou derrière une embrasure profonde.

On peut avec un affût surélevé, montrer à peine la pièce en laissant les canonniers en partie abrités. Pour protéger le canon lui-même, il faudrait, en adoptant le principe de l'affût Moncrieff, charger et pointer le canon à l'abri du parapet et ne l'élever qu'au moment de tirer. On a proposé aussi d'employer un affût de place bas sur lisoir directeur, la plate-forme supportée par un terrassement revêtu élevant la pièce juste assez pour tirer par-dessus le parapet, tandis que les servants restent à couvert.

Un parc de siège attaché à une armée dans un but général reste habituellement à la base d'opérations, jusqu'à ce qu'un siège soit décidé ; le matériel est alors mis en mouvement pour aller former le grand parc. En raison de la grande étendue des attaques, il est probable qu'à l'avenir il faudra établir plusieurs parcs. Dans les sièges récents, on les a souvent placés de 5 500 à 7 000 mètres de la place, en établissant entre eux et les dépôts de tranchée, des dépôts intermédiaires pour faciliter le remplacement des munitions et le transport du matériel. Le règlement français dit : « Il pourra être nécessaire d'installer plusieurs parcs, surtout s'il n'existe pas de routes transversales. — Le grand parc doit être installé à 8 000 mètres environ de la fortification. — Les magasins à poudre principaux sont à l'abri des feux de la place et espacés de 200 mètres ; ils peuvent contenir de 50 à 100 tonnes. — Des dépôts intermédiaires recevront les approvisionnements de 24 heures. — Chaque batterie doit avoir deux magasins. »

L'emplacement du grand parc est ordinairement fixé au moment de l'investissement. Aussi central que possible, hors de la portée du canon de la défense, il est assez loin pour ne rien craindre des sorties. S'il y a une voie ferrée, on économisera beaucoup de travail en se mettant auprès.

Le parc doit renfermer une réserve de canons et d'affûts,

en même temps que les plate-formes, les attirails et accessoires nécessaires pour les travaux du siège. Le parc aux munitions est auprès avec les dépôts et ateliers pour le chargement des projectiles. De toutes ces réserves on extrait chaque jour ce qui est nécessaire pour entretenir l'approvisionnement des batteries, ou remplacer ce qu'ont dû fournir les dépôts et parcs intermédiaires.

Traduit et résumé par P. Dombre,
capitaine d'artillerie.

(*A suivre.*)

LES

AFFÛTS A EMBRASURE MINIMUM

EN ALLEMAGNE

Plusieurs affûts de ce genre, construits par diverses puissances, ont déjà été décrits ou mentionnés dans la *Revue* (1); nous ne parlerons ici que des affûts Schumann et Gruson, qui sont antérieurs à 1870 et sur lesquels nous passerons rapidement, et des affûts prussiens modèle 1872, que nous décrirons plus en détail.

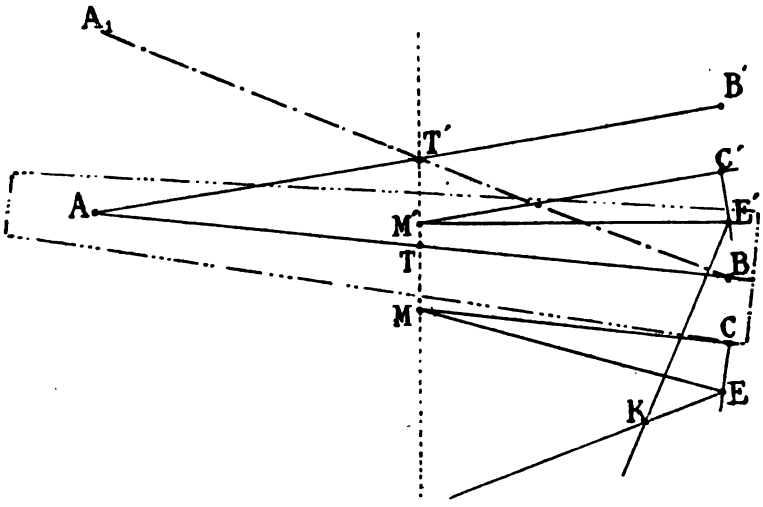
Le pointage en direction est obtenu, dans ces trois espèces d'affûts, par la rotation du châssis autour d'un pivot situé à l'aplomb de l'embrasure. Nous n'insisterons, pour les deux premiers, que sur le mécanisme de pointage en hauteur.

Affût Schumann — Cet affût se compose de deux flasques en tôle reliés par des entretoises et supportés par des roues métalliques assez grandes pour permettre le transport de la bouche à feu sur son affût. Chacun des flasques est interrompu, sur les $\frac{3}{4}$ de sa hauteur, par une large coulisse rectiligne dans laquelle peut se mouvoir verticalement une sorte de coussinet qui supporte le tourillon. Les deux coussinets sont reliés par une traverse horizontale M, qui passe sous le canon et qui repose sur une forte vis élévatoire pouvant tourner dans un écrou fixé à la partie inférieure de l'affût. Autour de cette traverse peuvent tourner deux bras MC et ME, qui se terminent l'un par un plateau C soutenant la culasse de la pièce et articulé avec la tête de la vis de pointage CE, l'autre par l'écrou E de la

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. II, . 138; t. VII, p. 204; t. IX, p. 400, 585; t. X. p. 7, 129, 300; t. XIV, p. 435.

vis de pointage. Au bras ME est articulée une barre rigide EK munie de crochets pouvant s'appuyer sur une traverse cylindrique K qui relie les deux flasques. La pression de la culasse sur le plateau se trouve ainsi reportée sur cette traverse.

Supposons l'axe de la pièce dans une première position AB. Le centre des tourillons est projeté en T, le système



de pointage est figuré en MCEK. Pour amener la pièce à la position AB', on fait d'abord monter la vis élévatoire au moyen d'un volant manivelle et d'une série d'engrenages. Les tourillons viennent alors en T' et l'axe de la pièce en A_1 B. Le point M vient en M', grâce au jeu des articulations M, E, K.

On embarre alors sous la culasse de manière à soulever cette dernière et, quand le système MCEK est libre, on le fait tourner autour de M' de manière à appuyer sur la traverse K un des crochets inférieurs de la barre E'K. On laisse ensuite reposer la culasse sur le plateau C' et l'axe de la pièce a pris la position AB'. On termine le pointage

en donnant de légers mouvements à la culasse au moyen de la vis de pointage C'E'.

Cet affût, qui permet le tir entre + 16° et — 6°, a été mis en essai avec le canon de 15c modèle 1864. La manœuvre en a paru lente et difficile. Bien qu'on ait essayé d'exécuter simultanément le mouvement d'élévation des tourillons et celui de la culasse, il n'en faut pas moins que la bouche de la pièce soit sortie de l'embrasure pendant le pointage. La vis élévatoire se meut très-lentement, 28 tours de volant sont nécessaires pour faire varier l'angle de tir de 1°.

En somme, cet affût a été considéré comme peu pratique, surtout si l'on veut tirer avec des pièces lourdes et d'une grande longueur.

Affût Gruson. — Cet affût a été construit en 1867 pour le tir d'un canon de 21c de la marine en acier. Il est supporté par un châssis pivotant autour d'une cheville ouvrière située à l'aplomb de la bouche du canon. Ce châssis porte un frein à air comprimé limitant le recul et relié à l'affût par une chaîne Galle enroulée sur un tambour.

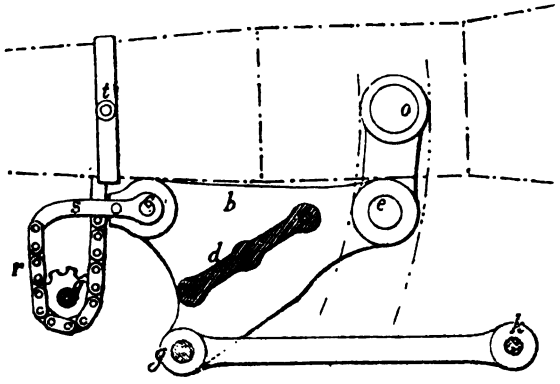
Chaque flasque est séparé en deux parties par une large coulisse circulaire servant de guide au tourillon. Les deux parties du flasque sont solidement reliées entre elles, à la base et au sommet.

Le mouvement d'élévation de la pièce est obtenu, comme l'indique la figure de la page 369, au moyen de deux systèmes articulés symétriques, reliés d'une part aux tourillons *o* et d'autre part à un collier *t* fixé sur la volée de la bouche à feu. L'ensemble de ces deux systèmes est mû par une presse hydraulique qui vient exercer son action sur deux bielles symétriques *g k*, reliées à l'extrémité du piston de la presse par une traverse *k*.

En ne considérant que le côté droit de l'affût, on distingue la plaque triangulaire *c e g*, articulée en *e* avec le

support de tourillon, et en *g* avec la bielle de droite *g k*; cette plaque peut tourner autour d'un fort boulon *c* fixé à la tête d'affût.

Lorsque la bielle *g k* est tirée en arrière par l'action de la presse, l'articulation *e* tourne autour du point fixe *c* et fait monter le support du tourillon dans sa coulisse. En même temps, le crochet *s*, fixé à la plaque *c e g*, suit le



mouvement de cette plaque et son extrémité antérieure s'abaisse. La chaîne Galle *r*, sollicitée par la traction de bas en haut qu'exerce sur elle le collier *t*, roule sur le tambour *q* dont l'axe est fixé à l'affût et règle ainsi le mouvement d'élévation de la volée.

Les dimensions de la plaque *c e g*, celles du crochet *s* et de la chaîne Galle *r* ont été déterminées de façon que les points *t* et *o* décrivent des cercles concentriques dont le centre est sensiblement sur l'axe de l'embrasure.

Les deux systèmes articulés, de droite et de gauche, sont rendus solidaires au moyen d'une barre cylindrique *g* articulée à chacun d'eux, et d'une entretoise oblique *d* perpendiculaire au plan de figure.

L'affût Gruson a été expérimenté au polygone de Tegel; on tira 80 coups, avec un obus en fonte dure, à la charge de 12 kil. Le résultat de ces expériences n'a pas été satis-

faisant, on a été astreint à de fréquentes réparations, et le plus grand nombre de coups qu'on ait pu tirer sans interruption est de 16.

Le frein à air comprimé ne fonctionna pas bien; au 81e coup, le châssis fut brisé transversalement. Toutes ces raisons ont conduit à entreprendre l'étude d'un nouvel affût pour canon de 21c dont voici la description.

Affûts à embrasure minimum modèle 1872 (Pl. VIII). — Deux affûts de ce modèle ont été construits, l'un pour le canon de 15c et l'autre pour le canon de 21c.

Le pointage en direction s'effectue par la rotation de tout le système autour d'une cheville ouvrière placée à l'aplomb de l'embrasure. Le châssis s'appuie par des galets sur deux voies circulaires métalliques.

Le pointage en hauteur est obtenu au moyen d'un appareil élévatoire qui, sauf les dimensions des pièces, est le même pour les deux affûts, il comprend :

1° Une presse hydraulique dont le plateau soutient les coussinets de tourillons ;

2° Une pompe qui envoie de la glycérine dans le cylindre de la presse ;

3° Un tube de communication entre la pompe et la presse ;

4° Un système de leviers articulés qui transmet en un point déterminé de la volée une partie de l'effort exercé par la presse sur les tourillons, de manière à faire tourner la pièce autour d'un axe horizontal fictif situé vers la bouche.

Presse (fig. 3). — La presse se compose d'un corps de pompe *a* contenant un piston plongeur *d*, dans lequel se déplace un second piston *c*; le mouvement relatif des deux pistons est analogue à celui des tubes d'une lorgnette (fig. 8).

Le piston *d* se meut, à frottement doux, dans le manchon *e*. A l'extrémité supérieure du piston *c* est fixée une armature *k* qui s'étend d'un flasque à l'autre et qui se termine par les supports de tourillons *l*.

Lorsque la pompe envoie un jet de glycérine par le tube *g*, ce liquide vient exercer sa pression sur la base du piston *c* qui s'élève en entraînant le piston *d*. Celui-ci monte jusqu'à ce qu'un renfort annulaire, ménagé à sa base, vienne s'appuyer contre la partie inférieure du manchon *e*. Le piston *c* commence alors à se mouvoir dans le premier jusqu'à ce qu'on cesse l'introduction de la glycérine ou jusqu'à ce que les tourillons arrivent à l'extrémité supérieure des glissières de l'affût.

Tous les organes de cette presse sont en fonte, sauf le corps de pompe *a*, qui est en acier fondu dans les affûts destinés aux canons de 21^{c} et de 28^{c}.

Pour fermer hermétiquement les joints et empêcher les fuites de liquide, on a disposé en *f* et *h* des obturateurs annulaires en caoutchouc dont la section diamétrale est en ∩ (fig. 4).

Pompe (fig. 6 et 7). — La pompe, aspirante et foulante, se compose de deux parties symétriques comprenant chacune un corps de pompe *b* (fig. 7), dans lequel se meut un piston *a*, actionné par la bielle *g f*.

Lorsque le piston monte, la soupape *l* se soulève, le liquide passe du réservoir extérieur dans le tuyau d'aspiration *n*, puis dans le corps de pompe.

Quand le piston descend, la soupape *l* s'abaisse, la glycérine refoulée soulève la soupape *m* et s'échappe par le tuyau *p q*. Les jets de liquide lancés par les deux corps de pompe se réunissent alors en *t* (fig. 6), d'où ils passent dans le tuyau qui relie la pompe à la presse hydraulique.

Pour abaisser les tourillons, on fait tourner le volant-manivelle *w* calé sur la tige *v x*. Dans ce mouvement, l'extrémité *x*, qui fermait une ouverture correspondante de la chambre *t*, seretire en arrière et débouche l'ouverture. Le liquide contenu dans la presse, chassé par la pression qu'exerce sur lui le poids du canon, repasse par la chambre *t* et revient au réservoir en suivant le tuyau *x y z*.

Système articulé (fig. 2 et 8). — En même temps que la presse

donne un mouvement rectiligne aux supports de tourillons, ces derniers transmettent au collier *g* (fig. 8), fixé à la volée de la pièce, un mouvement tel que cette dernière tourne autour d'un axe horizontal situé à l'aplomb de l'embrasure. Cette transmission est faite au moyen de deux systèmes symétriques *bacdf* de leviers articulés placés en dedans des flasques. Chacun de ces systèmes prend appui sur le flasque correspondant par l'intermédiaire de deux boulons fixes *h* et *i* qui traversent ce flasque et autour desquels tournent les leviers *a* et *d*. Les deux systèmes sont reliés par un axe mobile qui transmet leur effort commun aux tourillons du collier *g* au moyen des bras *f*.

Les longueurs des différents bras de levier de tout ce système sont calculées de telle sorte que les points de l'axe de la bouche à feu, situés à l'aplomb de ses tourillons et à l'aplomb du collier *g*, décrivent des circonférences concentriques.

Affûts et châssis (fig. 2 et 8). — Les affûts modèle 1872 sont construits sur un type commun. Ils se composent de deux flasques en tôle reliés à leur partie inférieure par des entretoises et à la partie supérieure par des brides *e* qui limitent le mouvement d'élévation de la bouche à feu. Entre ces flasques, et vers l'avant, se trouvent la pompe, puis la presse hydraulique dont le cylindre passe entre les côtés du châssis.

Chaque flasque porte une glissière circulaire en bronze destinée à guider le coussinet de tourillon de son côté. Une forte plaque de tôle, boulonnée à l'extérieur, relie les deux parties du flasque séparées par la glissière, et une seconde plaque, boulonnée sur la première, ferme l'ouverture rectangulaire pratiquée dans celle-ci pour guider le mouvement de l'armature de la presse hydraulique.

Toute la partie inférieure de l'affût est renforcée; à l'arrière se trouvent des taquets *r* destinés à presser les ressorts en spirale v_1 fixés à l'extrémité du châssis afin d'éteindre le recul. A l'avant, des ressorts en

spirale *v*, semblables aux premiers mais de dimensions moindres, servent à amortir les chocs de l'affût sur le châssis lors de la mise en batterie. Ce dernier mouvement est facilité par des galets excentriques disposés à la queue de l'affût.

L'affût de 15ᶜ (fig. 2) permet de tirer sous des angles variant de — 5° à + 25°, ce qui correspond, pour les obus allongés, à une portée maximum de 7 000 mètres.

L'affût de 21ᶜ est affecté au service des côtes ; la disposition en est à très-peu près la même que celle de l'affût de 15ᶜ (fig. 2). Les voies circulaires ont un rayon plus considérable et l'on a adapté à la queue du châssis un système d'engrenages destiné à le faire mouvoir sur ces voies circulaires.

Les châssis qui supportent les affûts modèle 1872 comprennent deux côtés formés par des fers en ∩ reliés par des traverses métalliques ; contre chacun de ces côtés est fixé un frein hydraulique dont le cylindre est supporté par l'entretoise postérieure.

Le châssis de 15ᶜ est incliné à 4°4′ et celui de 21ᶜ à 4°. On peut installer sur la droite de ce dernier une grue à projectiles du genre de celles qu'on emploie dans le service des côtes.

Si la bouche à feu est logée dans une tourelle, les voies circulaires du châssis sont fixées au sol de la tourelle même et tournent avec elle. Le châssis peut en outre effectuer sur ces voies un léger mouvement de part et d'autre du plan diamétral de l'embrasure (5° environ) pour compléter le pointage en direction donné approximativement par la rotation de la tourelle.

Dans le tableau ci-après se trouvent les principales données relatives aux affûts de 15ᶜ et de 21ᶜ.

TABLEAU.

		AFFÛT de 15c.	AFFÛT de 21c.
Hauteur de l'axe de rotation de la pièce au-dessus de la plate-forme	mill.	1 920	1 720
Distance de l'axe de rotation de la pièce à la bouche (1)		345	320
Angle de tir maximum	degrés	+ 25	+ 10
Id. minimum		— 5	— 5
Hauteur totale de l'affût au-dessus de la plate-forme	mill.	2 520	2 400
Longueur totale du châssis (du pivot à la queue)		4 675	5 660
Rayon de la voie circulaire intérieure		1 000	1 700
Id. extérieure		4 435	5 200
Étendue du recul jusqu'aux ressorts en spirale		960	1 330
Liquide contenu dans les freins hydrauliques	litres	16	25
Id. le réservoir des pompes		30	45
Poids de l'affût	kil.	4 100	5 430
Id. du châssis		2 250	4 260
Id. des voies circulaires		650	2 200
Id. total		7 000	11 890

Pointage. — L'embrasure étant très-petite et le renfort du canon ayant un fort diamètre, on ne peut pointer en dirigeant un rayon visuel de la culasse à la bouche de la pièce que dans le tir sous de très-grands angles.

Pour arriver à pointer dans tous les cas, on a fixé à la volée de la pièce deux colliers *n* et *o* (fig. 1) portant l'un le guidon et l'autre l'œilleton; la ligne de mire ainsi formée a une longueur de $1^m,10$.

Le pointeur monte sur le marchepied *m*, en avant du châssis pour placer son œil derrière l'œilleton.

Épreuves de tir. — L'affût de 15c a résisté d'une manière satisfaisante au tir de 100 coups à la charge de $6^k,2$ de poudre prismatique avec des obus allongés (*langgranaten*).

On a tiré 40 coups sous l'angle de — 5°, 40 à + 25°, 10 à 0° et 10 à + 5°.

Pour élever la pièce de + 25° à — 5°, on a mis 2 ½ minutes et il n'a pas fallu moins de 100 coups de pompe.

(1) L'expérience a montré que la bouche de la pièce doit sortir de l'embrasure sur une longueur de 30 à 35 centimètres pour que le personnel qui sert la pièce ne soit point incommodé par le retour d la fumée en arrière de l'embrasure.

L'affût de 21c a bien résisté également au tir de 100 coups. Les deux colliers du système de pointage n'ont subi aucune avarie.

Pour élever la pièce de + 10° à — 5°, il a fallu 3 ½ minutes et 150 coups de pompe.

Pour que la manœuvre s'exécute convenablement, certaines précautions sont nécessaires.

La glycérine qui remplit le réservoir de la pompe doit être exempte d'impuretés et marquer de 16° à 18° Baumé.

Le réservoir, les tubes de communication et les pompes doivent être nettoyés avec soin avant la manœuvre ; on doit, en remplissant de glycérine tout le système, éviter l'introduction de l'air. Enfin, il faut s'assurer que les pompes fonctionnent convenablement avant d'essayer à faire monter la pièce.

(*Extrait des ouvrages suivants :*

1° Handbuch für die Offiziere der k. preussischen Artillerie.

2° Der Fuss-Artillerist.

3° Corso di materiale d'artiglieria, du capitaine Antonio Clavarino.)

RENSEIGNEMENTS DIVERS.

Allemagne : Adoption d'une nouvelle cartouche pour les exercices de pointage. — Le règlement prussien du 15 novembre 1877 sur le tir de l'infanterie recommande l'emploi du *fusil de tir*, dans les exercices de pointage, comme un excellent procédé d'instruction. Une décision ministérielle en date du 17 octobre 1879 prescrit l'adoption d'une nouvelle cartouche qui permettra de faire ces exercices de pointage avec les armes modèle 1871 et de supprimer par là même les *fusils de tir* dont on se sert actuellement.

Cette décision a été accueillie dans toute l'infanterie avec la plus grande satisfaction, car on avait reconnu de graves défauts au *fusil de tir*, qui ne rendait en aucune façon les services qu'on en avait attendus. En effet, l'emploi de la cartouche en acier donnait lieu à des encrassements tels que, après un petit nombre de coups, il devenait difficile et souvent même impossible de faire pénétrer la pointe du percuteur dans le canal de la tête mobile. De plus, on n'obtenait aucune précision ni aucune régularité dans le tir parce que la petite balle conique de la cartouche n'était nullement guidée au départ.

La nécessité d'un bon appareil pour enseigner le pointage aux jeunes soldats est évidente, d'autant plus que le nombre des cartouches allouées à chaque homme pour le tir réel est très-minime, et fort au-dessous de celui qui serait nécessaire pour former un bon tireur. Aussi, pour remplir les conditions qui leur sont imposées, beaucoup de jeunes soldats doivent-ils brûler une quantité excessive de cartouches dans les tirs préparatoires, ce qui rend insuffisant le nombre des cartouches affectées à l'ensemble des tirs à la cible. Les meilleurs tireurs sont alors obligés de

faire des économies de cartouches pour que les tireurs médiocres puissent s'exercer davantage, et c'est à peine s'il reste des munitions disponibles pour les *tirs spéciaux* qui sont d'une importance capitale pour les officiers et les tireurs de première classe.

La cartouche récemment adoptée pour les exercices de tir présente l'avantage de pouvoir être tirée dans une arme quelconque sans en changer le poids, la position du centre de gravité et le jeu de la détente. Elle se compose d'un tube en papier contenant une balle sphérique en plomb, de 9^{mm}, et disposé dans un étui de cartouche modèle 1871. La balle est encastrée dans un petit sabot en carton qui est creusé à cet effet en demi-sphère sur sa face antérieure; la charge est de $1^{gr},2$ de poudre à fusil. Le tube de papier est tordu en avant de la balle pour la maintenir et il est suiffé en cet endroit. Dans l'étui modèle 1871, on a soudé un cylindre creux en bronze dont la partie antérieure renferme la cartouche proprement dite et dont la partie postérieure laisse passer le feu de la capsule. A chaque coup, on introduit une petite cartouche dans l'étui et on l'arme d'une capsule; puis, on introduit l'étui dans la chambre et on tire comme avec une cartouche ordinaire.

La dérivation étant beaucoup moindre que dans le tir réel, on doit remplacer le guidon de l'arme par un faux guidon qui couvre complétement le premier et modifie la ligne de mire.

Après chaque coup, il faut enlever la capsule qui a servi, nettoyer l'intérieur de l'étui avec un tortillon de papier, le recharger et y remettre une nouvelle capsule.

La précision du tir à 20 mètres de distance, et sur une cible de dimensions cinq fois moindres que les cibles ordinaires, est la même que celle du tir réel à 150 mètres. On voit donc que l'emploi de la nouvelle cartouche permet d'espérer les résultats satisfaisants que doivent donner les *tirs préparatoires*.

Malheureusement, la nouvelle cartouche a un défaut assez grave. Le poids du projectile et la vitesse initiale sont tels que, à 20 mètres, la balle peut encore aller jusqu'à 450 mètres après avoir traversé une planche de sapin de 5 centimètres.

Le tir d'exercice ne pourra donc être effectué que dans un emplacement spécial disposé de manière à éviter tout danger. Il en résulte que les commandants de compagnie ne pourront exercer leurs hommes avant leur départ pour le tir à la cible, ce qui serait particulièrement utile pour les jeunes soldats qui satisferont beaucoup mieux aux conditions qui leur sont imposées dans le tir réel, s'ils ont brûlé au préalable 20 ou 25 cartouches d'exercice.

(*Deutsche Heeres Zeitung.*)

Allemagne : Voie ferrée raccordant les hangars de Spandau avec les chemins de fer de Hambourg et de Lehrte. — La *National-Zeitung* contient les renseignements suivants :

On sait que les hangars à voitures construits sur l'emplacement des anciennes *Schülerberge* abritent tout l'armement de mobilisation nécessaire pour deux corps d'armée : la garde et le IIIe corps. Ils contiennent aussi pour l'artillerie, outre les pièces et les caissons nécessaires, tout le harnachement destiné aux attelages. Afin de pouvoir, en cas de mobilisation, diriger rapidement sur les divers régiments ce qui leur est affecté, on doit établir une voie de raccordement reliant les hangars à voitures avec les deux lignes de chemins de fer. A l'intérieur de ces hangars, on dispose déjà de voies ferrées ; les quatre sorties du côté du nord en sont aussi actuellement pourvues. Des hangars, la voie rejoindra le chemin stratégique de ceinture, qu'elle suivra jusqu'à la Kriegsthor. Après être sortie par cette porte, elle rejoint à travers champs la ligne de Hambourg. La section entre les portes des hangars et la porte de Schönwald ou le chemin stratégique de ceinture, ainsi que la plate-forme

tournante de la Kriegsthor, sont déjà faites; on ne construira le reste de cette voie de raccordement qu'au moment du besoin. On conserve les rails nécessaires dans les hangars. On emploiera, au lieu de traverses, des pierres de granit taillé qui sont déjà rangées le long du chemin stratégique de ceinture, à l'intérieur des nouveaux remparts. C'est la ligne de Hambourg qui s'est chargée d'établir la communication directe entre la Kriegsthor et son tracé, ainsi que le raccordement avec la ligne de Lehrte. Les arrangements nécessaires ont déjà été conclus avec les propriétaires sur les terrains desquels passera la voie.

(*Revue militaire de l'étranger.*)

Allemagne : Fortifications de Posen. — La *Gazette de Silésie* publie la note suivante sur l'état d'avancement des travaux de fortification que l'on a entrepris à Posen pendant ces dernières années.

Les travaux de terrassement des forts détachés ont été terminés à la fin du mois dernier ; les travaux de maçonnerie ont été suspendus quelques semaines plus tôt, c'est-à-dire au commencement ou au milieu de novembre. Ces ouvrages sont au nombre de douze : neuf forts et trois ouvrages intermédiaires. L'année prochaine, il n'y aura plus à exécuter que quelques aménagements intérieurs aux forts VII (à Jerzyce) et IX (à Gurczin), dont la construction a été commencée en 1876, et à l'ouvrage intermédiaire IX *a* (à Dembsen) entrepris en 1877 ; ainsi, au mois de juillet 1880, ces ouvrages seront complétement achevés : leur construction aura exigé trois ou quatre années. En 1881 on terminera les forts I (à Starolenka) et III (à Lonc-Mühle), commencés en 1877, et probablement aussi le fort VIII (à Junikowo) ; ce dernier a été commencé en 1878 après que l'on fut parvenu à triompher des difficultés particulières inhérentes à la nature du terrain. Les forts II (à Zegrze), III (à Glowno) et l'ouvrage intermédiaire IV *a* (à Wolfsmühle) seront achevés en 1882, et il en sera de

même en 1883 des forts V (à Naramovice), VI *a* (à Neu-Winiary) et de l'ouvrage intermédiaire VI *a* (à Golencin), commencés dans le courant de cette année ; ainsi l'ensemble de l'organisation de cette ceinture de forts exigera sept ans.

(*Revue militaire de l'étranger.*)

Autriche : Mise en service des fusils Werndl transformés. — La distribution, dans les bataillons de chasseurs à pied, des fusils Werndl, modifiés de manière à recevoir la cartouche à charge renforcée, a pris fin le 11 décembre. Le corps des chasseurs possède actuellement 55 000 de ces armes dont une partie se trouve en dépôt dans les magasins des corps et dont le reste est en service dans les compagnies.

La distribution des armes transformées restera suspendue jusqu'au printemps de 1880, époque à laquelle elle sera reprise pour armer les troupes d'infanterie de ligne.

(*Vedette.*)

Italie : Transport du canon de 100 tonnes. — On vient de transporter de la fonderie de Turin, où il a été coulé et usiné, à la Spezzia où il doit être mis en batterie et éprouvé, le canon de 100 tonnes (45c) en fonte fretté d'acier, construit d'après le même type que les canons de 24c et 32c destinés à l'armement des côtes (1).

Pour le transport par les voies ferrées ordinaires de cet énorme canon, on s'est servi du wagon-truck construit pour cette destination par les usines du Creusot. On a pu voir à l'exposition de 1878, derrière le pavillon de cette usine, ce wagon-truck sur lequel on avait placé un modèle en bois, représentant en vraie grandeur la bouche à feu italienne (2).

Le truck chargé du canon partit de Turin par train spé-

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. XI, p. 381 ; t. XII, p. 186.
(2) Voir *Revue d'artillerie*, t. XIII, p. 192.

cial le 27 décembre 1879, à 8 heures du matin, et arriva à Alexandrie le soir vers 4 heures. Le train avait marché à la vitesse de 15 kilomètres qui lui avait été fixée et parcouru 91 kilomètres. Le voyage s'était effectué dans des conditions climatériques exceptionnelles, par une température de 12° au-dessous de zéro ; et malgré cela, on n'eut à constater que quelques difficultés aux démarrages à cause de l'état de la voie sans adhérence et un léger échauffement à deux fusées d'essieu, échauffement de peu d'importance occasionné du reste par un trop fort serrage des freins.

Le graissage des essieux avait cependant présenté de grandes difficultés par suite de la congélation de l'huile, que l'on ne put empêcher bien qu'on eût placé des réchauds à coke sur chacun des bogies.

Le lendemain, on effectua dans les mêmes conditions le trajet d'Alexandrie à Gênes (79 kilomètres) et, le surlendemain, de Gênes à la Spezzia (89 kilomètres). Le truck fonctionna toujours parfaitement, et le train ne subit aucun retard.

Une fois arrivé à la station de la Spezzia, le canon, toujours sur son truck, a été dirigé sur l'arsenal maritime, où se trouve une grue de la force de 160 tonnes. Il a été ensuite embarqué avec son wagon-truck sur un ponton destiné à le conduire à la pointe de Santa-Maria où il a été débarqué ; de là, il a été conduit par une voie spécialement construite dans ce but dans la batterie qu'il doit servir à armer, et dans laquelle il subira les premières épreuves. Pour la mise en batterie, les usines du Creusot ont fourni à l'artillerie italienne deux couples de vérins à vis destinés à soulever le canon et à le placer sur son affût.

Un détachement d'artillerie de côte a été envoyé à la Spezzia et chargé de la manœuvre de cette bouche à feu gigantesque. (*Esercito.*)

Italie : Revêtements. — Sur la proposition du Comité de l'artillerie et du génie, le Ministre a décidé, au mois de

septembre 1879, que les matériaux employés pour les revêtements, aussi bien par l'artillerie que par le génie, auraient dorénavant les mêmes dimensions.

	LONGUEUR OU HAUTEUR.	DIAMÈTRE OU LARGEUR.
Fascine	3m,00	0m,22
Gabion	1 ,00	0 ,60
Claie	1 ,00	2 ,00
Sac à terre (vide)	0 ,70	0 ,40

Russie : Nouveau caisson pour l'artillerie à cheval. — Conformément aux instructions qu'il avait reçues, le général-major Engelhardt a présenté au Comité de l'artillerie, en juin dernier, un projet de caisson pour l'artillerie à cheval, tel que le poids à tirer par cheval soit le même que pour la pièce sur son avant-train.

La nouvelle voiture se compose essentiellement d'armons en fer d'angle, sur lesquels reposent deux coffres de dimensions identiques, l'un sur l'avant-train, l'autre sur l'arrière-train. Le corps de l'essieu est à section circulaire. Les trains sont portés sur des ressorts en caoutchouc réunis aux armons par l'intermédiaire de leviers et différents par conséquent du système de ressorts du caisson actuel.

Le coffre d'avant-train contient 20 projectiles et 20 charges, ainsi que les rechanges et accessoires qui ont besoin d'être à l'abri. Le coffre d'arrière-train renferme 30 coups, soit au total 50 coups au lieu des 90 que porte le caisson en service actuellement.

En comptant l'emballage, caisses en tôle pour projectiles et sacs de cuir pour gargousses, il en résulte une réduction de poids de 398 kil. ; en outre, la voiture elle-même est plus légère de 82 kil. pour l'avant-train et de 98 kil. pour l'arrière-train. En résumé, le nouveau caisson avec son chargement complet pèsera environ 1 470 kil., soit 245 kil. à traîner par cheval.

L'avant-train pesant environ 655 kil. devra également

être employé pour l'affût du canon de cavalerie, le poids de la pièce ne sera donc plus que de 1497 kil., soit 250 kil. par cheval environ.

Le problème posé au général Engelhardt se trouvera donc à peu près résolu et le poids de la pièce sera même plus faible que du temps où l'on employait le canon de 4 livres en bronze, car alors le poids à traîner par cheval était de 258 kil.

Le Comité de l'artillerie n'a fait que des objections de détail au projet qui lui était soumis : il a rappelé à l'auteur les résultats de l'expérience acquise lors des marches exécutées avec les caissons du nouveau matériel dans la presqu'île des Balkans ; en conséquence, la volée devra être reportée d'au moins 5 pouces (12^{cm},70) plus en avant des roues et la distance des crochets d'attelage entre eux devra être égale à la distance des poupées de l'avant-train en bois.

L'adjoint au grand-maître de l'artillerie a approuvé l'avis du Comité.

(*Journal d'artillerie russe.*)

Russie : Études sur les voitures composant le train des batteries de campagne. — Les batteries de campagne doivent avoir actuellement, en outre des pièces et de leurs caissons[1], 2 affûts de rechange pour les batteries montées, 1 seul pour les batteries à cheval et trois chariots de batterie. Ces dernières voitures sont à quatre roues et offrent beaucoup de ressemblance avec le fourgon des équipages militaires en service en France ; elles sont attelées à quatre chevaux de front, on peut aussi atteler les chevaux deux par deux. Le premier chariot, dit voiture d'outils, contient une forge portative, une bigorne et son bloc, une

---

[1] Les batteries montées ont 8 pièces, les batteries à cheval 6 seulement. Pour les batteries qui ont le nouveau matériel modèle 1877, le nombre des caissons est le suivant :

Batteries à cheval. . . .	8	caissons.
— légères	12	—
— lourdes	16	—

meule, les outils de charpentier, de serrurier, de forgeron, les instruments pour artificiers et les mesures, enfin la pharmacie vétérinaire. Le deuxième porte l'approvisionnement de fers à cheval avec leurs clous, différents objets nécessaires pour les réparations, bois et fers de rechange. Enfin, dans le troisième (chariot à fourrage), on ne met que de l'avoine, environ 1 160 kil. Comme les batteries à pied (montées) doivent transporter trois jours d'avoine et les batteries à cheval, deux jours, on est obligé de placer encore des sacs à avoine sur les affûts et sur les caissons.

En outre, comme les chariots de batterie n'ont pas une mobilité suffisante pour pouvoir accompagner les pièces sur le champ de bataille, on est obligé de mettre sur les affûts de rechange divers objets dont on peut avoir besoin, tels que certaines rechanges pour les canons, les affûts et les caissons, quelques outils, des brancards pour les blessés et un sac à pansement. Le poids de ce chargement s'élève à 490 kil. et ne fait qu'encombrer l'affût de rechange : si l'on a besoin de cet affût, on se trouve obligé de décharger tout ce matériel et l'on est exposé à le perdre.

A la suite de la dernière campagne, on ne possédait plus assez de chariots de batterie, et le matériel de l'artillerie fut provisoirement complété au moyen de chariots de parc.

Cet expédient a donné le temps d'étudier une nouvelle organisation du train des batteries et voici les bases qui viennent d'être proposées par le Comité russe et approuvées par l'adjoint au grand-maître :

Il y aura 4 voitures pour le train de chaque batterie. L'une, désignée sous le n° 1, portera tous les objets placés actuellement sur l'affût de rechange et en outre un certain nombre de sacs d'avoine pour compléter l'approvisionnement et alléger le chariot à fourrage ainsi que les autres voitures de la batterie. Ce chariot n° 1 est appelé à suivre les pièces sur le champ de bataille : il doit avoir la même mobilité que les caissons et être construit d'une façon ana-

logue ; les autres chariots présenteront les mêmes dispositions que les anciens chariots mais devront avoir le même tournant que les caissons. Pour les 4 voitures, l'essieu et les roues pourront être de dimensions plus faibles que pour les pièces et les caissons. Chacun des chariots sera attelé à quatre chevaux et, comme compensation, un des deux affûts de rechange sera supprimé dans les batteries montées. Les batteries à cheval, qui n'ont déjà qu'un seul affût de rechange, devront recevoir une augmentation de quatre chevaux de trait.

Le tableau suivant indique approximativement le chargement des 4 chariots :

	POIDS du chargement	POIDS TOTAL en supposant que la voiture pèse 590 kil.	POIDS par cheval.
	—	—	—
Chariot n° 1 (pièces de rechange). .	786 kil.	1 376 kil.	344 kil.
Chariot n° 2 (forge et outils). . . .	820	1 410	353
Chariot n° 3 (fers et matériaux) . .	966	1 556	389
Chariot n° 4 (fourrages)	868	1 458	364

L'artillerie russe semble ne plus admettre que des voitures en fer et elle a une tendance marquée à les placer toutes sur ressorts : il a donc été prescrit au capitaine Danilofski d'établir quatre projets de chariot, tous en fer, deux à ressorts et deux sans ressorts. L'un des types, dans chaque catégorie, servira pour les transports désignés sous le n° 1, l'autre type devra convenir aux trois autres chargements.

En outre, l'avis du Comité sera communiqué aux commandants de l'artillerie des cercles, qui auront à faire connaître leur opinion sur les considérations qui s'y trouvent exposées et les modifications qu'ils proposeraient d'apporter au projet d'organisation du train des batteries.

En outre de ces voitures appartenant à l'artillerie, il y a encore à la suite de chaque batterie un second train dont les voitures sont fournies par l'intendance. Actuellement, pour la majeure partie des batteries actives à pied ou à cheval

et des batteries de réserve, il est composé de la façon suivante :

1 chariot pour les vivres attelé à 4 chevaux
1 — — 2 —
1 voiture d'ambulance. . . . à 4 —
1 voiture à 2 roues pour pharmacie.

(*Journal d'artillerie russe.*)

Russie : Fortifications de Kovno. — On écrit de Varsovie que l'on pousse avec activité l'exécution du projet arrêté depuis plusieurs années dans le but de constituer à Kovno une grande place de guerre. On a déjà piqueté sur le terrain le tracé de treize forts. Deux régiments d'infanterie doivent venir se joindre à celui qui est en garnison dans cette ville ; les hommes de ces trois régiments seront employés aux travaux de terrassement.

(*Revue militaire de l'étranger.*)

NOTICES BIBLIOGRAPHIQUES.

Cours de géométrie descriptive de l'École polytechnique, comprenant les éléments de la géométrie cinématique, par A. Mannheim, chef d'escadron d'artillerie, professeur à l'École polytechnique. — Paris, 1880, Gauthier-Villars.

Le commandant Mannheim vient de publier le cours qu'il professe si brillamment à l'École polytechnique depuis une quinzaine d'années. Cette publication était d'autant plus attendue que l'auteur avait apporté de nombreuses modifications dans son cours, surtout depuis quelques années, de manière à embrasser tout l'*enseignement géométrique* de l'École. Il est essentiel, en effet, de réunir tout ce qui est relatif à une même branche de la science, et le commandant Mannheim a tenu à établir dans ses leçons, les théories géométriques sur lesquelles ses éminents collègues s'appuient dans les cours de physique ou de mécanique. Il a donc donné à son cours un caractère plus élevé, se conformant en cela, à l'opinion que l'illustre Lamé a exprimée dans la préface de la deuxième édition de son *Cours de physique :* « Les études suivies à l'École po-
« lytechnique sont loin d'être uniquement destinées à faire
« connaître une suite de calculs, de formules, de figures,
« de phénomènes physiques et chimiques. Leur utilité
« principale est d'exercer cette faculté de l'intelligence à
« laquelle on donne le nom de *raisonnement.* »

L'ouvrage du commandant Mannheim, publié avec un soin tout spécial par M. Gauthier-Villars, présente une particularité curieuse. Le texte n'est autre que la sténographie, à peine retouchée, des leçons professées pendant l'hiver 1878-1879. Aussi la lecture est-elle des plus attrayantes, et fait-elle illusion à ce point que l'on croirait entendre parler le professeur. Le style est coulant,

simple, constamment clair, et les théories beaucoup plus aisées à saisir que si l'auteur avait rédigé son cours, la plume en main, car il aurait été tenté forcément d'obtenir la plus grande concision possible, et l'ouvrage, renfermé alors, il est vrai, dans un plus petit nombre de pages, aurait été, à coup sûr, beaucoup moins agréable à la lecture et empreint, par sa nature même, d'une assez grande aridité.

Le *Cours de géométrie descriptive* comprend deux parties.

La première contient l'étude des divers modes employés pour la représentation des corps terminés par les surfaces les plus simples, plans, cylindres, cônes, sphères et surfaces du second ordre. Les différents genres de perspective y sont développés, et l'auteur suit à peu près les théories enseignées par son savant prédécesseur, M. de la Gournerie.

Sur les trente et une leçons que comprend le *Cours de géométrie descriptive* (1) du commandant Mannheim, cette première partie en embrasse treize, dont une est consacrée aux ombres sur les figures géométrales, une aux projections cotées, sept à la perspective conique, deux à la perspective cavalière et les deux dernières aux perspectives axonométrique et isométrique.

Les dix-huit leçons de la seconde partie traitent des surfaces que l'on rencontre le plus fréquemment dans la pratique, telles que les surfaces réglées, les surfaces de révolution et les surfaces hélicoïdales, et comprennent les éléments d'une branche nouvelle de la science, présentée par le commandant Mannheim sous le nom de *Géométrie cinématique*.

En *mécanique*, on étudie la force qui sollicite un mobile à se mouvoir, le mouvement défini par la direction et la vitesse, et le temps employé au déplacement.

---

(1) On sait que le commandant MANNHEIM enseigne aussi la stéréotomie à l'École polytechnique, mais il ne compte pas publier ce second cours tout pratique.

La *cinématique* a pour objet l'étude du mouvement indépendamment des forces, mais elle tient compte encore du temps.

La *Géométrie cinématique*, véritable base géométrique des études mécaniques, ne s'occupe que de l'étude du résultat du mouvement indépendamment des forces et du temps.

Depuis assez longtemps déjà, le commandant Mannheim avait présenté à l'Académie des sciences plusieurs mémoires et de nombreuses notes traitant des propriétés relatives aux déplacements des figures ; sa *Géométrie cinématique* est la coordination d'une partie de ses travaux antérieurs et forme maintenant, à proprement parler, un corps de doctrine.

Voici, du reste, ce que dit l'auteur, à ce sujet, dans sa préface :

« En employant d'une manière systématique des pro-
« priétés qui concernent le déplacement des figures comme
« procédé très-simple de démonstration, je suis arrivé à
« constituer une nouvelle méthode géométrique au moyen
« de laquelle j'ai pu résoudre des problèmes jusqu'ici ré-
« servés à l'analyse infinitésimale.

« Ces propriétés, d'ailleurs intéressantes en elles-mêmes,
« et qui sont d'une application immédiate en *mécanique*,
« m'ont également permis de faire une *leçon d'optique géo-*
« *métrique*. J'ai ainsi cherché à réunir tout ce qui, dans les
« cours de mécanique et de physique, est relatif à la géo-
« métrie ; car ce n'est que par une liaison bien entendue
« des différents cours de l'École que l'enseignement gé-
« néral de cette grande institution peut présenter une cer-
« taine unité. »

Le commandant Mannheim a employé sa nouvelle théorie dans l'enseignement de la géométrie descriptive ; les applications qu'il en a faites comprennent le raccordement des surfaces réglées, la théorie de la courbure des surfaces, l'étude des surfaces de vis à filet triangulaire ou

carré, et enfin certains problèmes relatifs aux surfaces réglées générales.

Plusieurs leçons ont été complétées par des suppléments qui renferment quelques développements relatifs à la théorie des surfaces et montrent l'utilité des surfaces appelées *normalies* par l'auteur, et dont la considération est d'un secours fréquent dans les théories géométriques.

Enfin, le *Cours* est terminé par une leçon consacrée aux surfaces topographiques et à leur emploi pour la représentation des tables.

L'éditeur, soucieux de seconder de son mieux le commandant Mannheim, son camarade de promotion à l'École polytechnique, a adopté l'emploi de figures dans le texte, ce qui ne s'était jamais fait jusqu'ici pour les épures de descriptive d'une assez grande dimension. C'est ainsi que les épures de mise en perspective des arcades, des voûtes d'arêtes, etc., ont été intercalées dans la composition typographique, où elles n'occupent environ qu'une demi page, tout en restant de la plus grande clarté.

En résumé, le *Cours de géométrie descriptive de l'École polytechnique* renferme des parties entièrement nouvelles, et le commandant Mannheim, en publiant son remarquable ouvrage, a, suivant l'opinion de M. Résal, membre de l'Institut, établi un point de repère important dans l'histoire de la science.

Carte de France à l'échelle de $\frac{1}{100000}$ *dressée par le service vicinal, par ordre du Ministre de l'intérieur.* — Paris, 1879, Hachette.

L'œuvre gigantesque entreprise par l'état-major français pour remplacer la carte au $\frac{1}{86400}$, dite de Cassini, restera comme un monument admirable de topographie basée sur les principes les plus rigoureux de la géométrie.

Malheureusement, l'art de la gravure et les procédés d'impression rapide, qui ont fait des progrès si considérables dans ces dernières années, étaient encore peu répan-

dus ou même inconnus lorsque le Dépôt de la guerre a commencé l'exécution des premières feuilles de sa carte. Aussi, a-t-on été obligé de poursuivre jusqu'au bout cette publication, en se conformant au programme arrêté dès le début, c'est-à-dire, adoption du tirage monochrome, et représentation des formes du terrain au moyen de hachures tracées dans l'hypothèse de la lumière verticale.

Les feuilles de la carte d'état-major sont, en outre, peu maniables, par suite de leurs dimensions, $0^m,80$ sur $0^m,50$; de plus, le *maintien à hauteur* de la carte coûte excessivement cher, et bien des feuilles, assez exactes au point de vue des corrections qu'on a dû se borner à faire, à savoir, tracé des voies ferrées et des principales routes, se trouvent très-arriérées comme représentation des lieux habités, des cultures, des parties boisées, etc. Enfin, le tirage monochrome et le mode de représentation du terrain rendent la lecture assez pénible, et celui, qui veut tirer un parti utile de la carte est obligé de faire un réel apprentissage.

L'œuvre nouvelle entreprise par le Ministère de l'intérieur présente sur sa devancière de nombreux avantages.

Les feuilles sont d'un format très-pratique, $0^m,38$ sur $0^m,28$, et ces dimensions rappellent en outre les divisions en latitude et en longitude, car les bords du cadre correspondent aux méridiens de $\frac{1}{2}$ degré en $\frac{1}{2}$ degré à partir de celui de Paris, et aux parallèles de $\frac{1}{4}$ de degré en $\frac{1}{4}$ de degré basés sur la division du méridien en 360 degrés. L'échelle est du $\frac{1}{100000}$, ce qui est d'un grand secours dans la mesure des distances. Le numérotage des feuilles est aussi parfaitement conçu; il est basé sur l'emploi de deux numéros: l'un, en chiffres arabes, désignant toutes les feuilles à même latitude, en allant du nord au sud; l'autre, en chiffres romains, correspondant à toutes les feuilles à même longitude, en allant de l'ouest à l'est. Aussi, peut-on retrouver immédiatement les désignations de telle feuille bornant une feuille connue dans une direction quelconque. Par

exemple, la feuille XVIII-14 sera bornée, au sud, par la feuille XVIII-15 et, au nord-est, par la feuille XIX-13.

Le tirage est en quatre couleurs, les eaux en bleu, les bois en vert, les routes carrossables en rouge et tout le reste en noir; l'importance de la population de chaque centre important est inscrite en rouge au-dessous du nom du lieu.

L'emploi de ces diverses couleurs rend la lecture des plus faciles; du reste, dans la marge inférieure de chaque carte, on a gravé les signes conventionnels utiles à connaître.

La carte du Ministère de l'intérieur est dressée par les agents voyers; la gravure, faite sur quatre pierres pour chaque feuille, sera constamment mise à jour sans dépenses trop considérables.

Malheureusement, on n'a pas encore pu représenter les mouvements de terrain, qui seront très-probablement indiqués par des courbes de niveau, imprimées en bistre.

Lorsque cette partie de la représentation du sol sera terminée, la nouvelle carte sera certainement le monument topographique le plus clair, le plus complet et le plus utile à consulter que nous possédions.

Enfin, grâce au nombre presque infini d'opérateurs sur le terrain et à la rapidité avec laquelle la gravure s'exécute, il y a lieu d'espérer que la collection complète, qui ne doit pas comprendre moins de 600 feuilles, sera terminée dans un laps de temps beaucoup moins considérable que celui que le Dépôt de la guerre a été contraint de consacrer à la carte au $\frac{1}{80000}$ par suite du nombre beaucoup trop restreint des collaborateurs mis à sa disposition.

Le gérant : Ch. Norberg.

NOTES

SUR LA

CONSTRUCTION DES BOUCHES A FEU

PAR

M. FORNEROD-STADLER

Lieutenant-colonel de l'artillerie suisse.

(Extrait de la *Revue des armes spéciales*, supplément mensuel de la *Revue militaire suisse*.)

Dans les premières périodes de la construction des canons rayés, quoique les projectiles fussent 2 à $2\frac{1}{2}$ fois plus lourds que les boulets de même calibre, le poids effectif de la charge n'avait pas augmenté, mais plutôt diminué; il ne comportait environ que $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{12}$ du poids du projectile.

En conséquence, il n'y eut pas lieu de modifier les principes admis jusqu'alors dans l'artillerie lisse pour la détermination des dimensions de la chambre et de la longueur d'âme à donner aux bouches à feu.

Mais, depuis lors, les perfectionnements apportés au mode de fabrication des canons et des poudres ont eu pour effet l'adoption de projectiles relativement plus lourds et de charges beaucoup plus fortes. La tendance générale dans l'artillerie actuelle est d'arriver à tirer des projectiles pesant 4 à 5 fois le poids du boulet du même calibre, avec des charges de poudre comportant $\frac{1}{6}$ à $\frac{1}{3}$ de ce poids. Cette dernière proportion est la même que celle qui était en usage dans l'ancienne artillerie lisse, mais, en réalité, les nouvelles charges ont doublé et triplé de poids.

Une augmentation de charge aussi considérable doit

nécessairement modifier entièrement les principes qui régissaient le choix des dimensions essentielles à donner aux bouches à feu.

Cette étude a pour objet la recherche du mode à suivre pour déterminer ces dimensions. Cependant, comme pour traiter à fond une question aussi complexe, il faudrait entrer dans des développements qui sortiraient du cadre de ce travail, nous nous bornerons à envisager chacune de ses faces à un point de vue essentiellement pratique, en ayant toujours soin de rester en contact avec les données fournies par l'expérience, afin que les déductions que nous en retirerons ne s'écartent pas de la réalité. — Quoique n'ayant pas la prétention d'être d'une exactitude rigoureuse, les résultats obtenus n'en fourniront pas moins des renseignements utiles à consulter pour l'élaboration de nouveaux modèles.

Les dimensions essentielles d'une bouche à feu dépendent du *choix de la vitesse initiale,* du *poids du projectile,* de la *charge,* de *la nature de la poudre,* ainsi que de la *loi d'expansion des gaz.* Il convient donc de considérer d'abord ces divers éléments pris isolément.

Détermination du poids du projectile. — Le poids P du projectile doit être proportionné à sa section S et à la vitesse initiale V_0. Or, pour des projectiles de forme semblable, mais de calibres différents, les poids sont entre eux en raison du cube et les sections en raison du carré du calibre C. Le rapport $\frac{P}{S}$ est donc proportionnel au calibre [1]. On a alors :

$$\frac{P}{S} = \alpha C,$$

et par conséquent :

$$P = 0{,}7854\ \alpha\ C^3, \qquad (1)$$

où α est une constante variant avec la vitesse initiale.

---

[1] *Revue d'artillerie,* tome VI, 1875 : *Sur la dépendance mutuelle des divers éléments d'un système d'artillerie,* par M. le commandant Duchêne.

Si donc on admet que l'action de la résistance de l'air sur le projectile croît en raison du cube des vitesses dans des limites comprises entre 400 et 500 mètres, il en résulte que :

$$\frac{\alpha}{\alpha_1} = \frac{V^3}{V_1^3}; \quad \alpha = \frac{\alpha_1 V^3}{V_1^3}. \qquad (2)$$

Le canon anglais de 9 livres et, après lui, le canon de 8c,4 suisse, modèle 1870, tous deux construits pour des vitesses initiales de 400 mètres, ont $\alpha = 11,5$, donnant un poids de projectile bien proportionné à cette vitesse et une bonne trajectoire.

En prenant cette valeur pour point de départ, on déduit, d'après ce qui précède, la valeur de la constante α pour des vitesses comprises entre 400 et 500 mètres, soit pour :

$V_0 = 400$ mètres ; $\alpha = 11,5$
$V_0 = 425$ — $\alpha = 14,5$
$V_0 = 450$ — $\alpha = 16,4$
$V_0 = 475$ — $\alpha = 19,25$
$V_0 = 500$ — $\alpha = 22,45$

Ces données permettant de déterminer le poids correspondant des projectiles pour les calibres de 8c,4, 10c,5, 12c, 15c en usage dans notre pays, on trouve :

VITESSES :		400m	450m	475m	500m
Calibre de 8c,4	P =	5,74 kil.	8,00 kil.	9,4 kil.	10,7 kil.
— 10 ,5	P =	11,07	15,74	18,5	21,5
— 12	P =	16,14	23,00	27,0	31,6
— 15	P =	31,00	44,00	51,7	60,0

Détermination des charges. — Le poids et le volume de la charge, correspondant aux vitesses indiquées, varient en raison de la densité de la poudre, de la grosseur des grains, de la densité de chargement, de la longueur d'âme, de la forme de la gargousse et du mode d'inflammation.

On ne peut donc calculer ces charges *à priori*. Les formules en usage ne donnent que des valeurs approxima-

tives se rapportant à une même espèce de poudre, à un même calibre, à des vitesses et des poids de projectiles peu différents, ainsi qu'à des conditions de chargement identiques.

Il faut, en conséquence, prendre pour point de départ les données fournies par les expériences de tir, en ayant égard aux propriétés des poudres, au coefficient d'expansion et au rendement des bouches à feu considérées.

La vivacité des poudres doit diminuer en raison de l'accroissement du calibre et de l'augmentation des charges. Pour obtenir des poudres moins vives, on dispose de deux moyens : l'augmentation de la densité et l'augmentation de la grosseur du grain. Pour obtenir, avec des charges bien proportionnées au poids du projectile et à la vitesse initiale, les effets recherchés et indiqués plus bas, sans dépasser la limite de sécurité de résistance des bouches à feu, ou, en d'autres termes, pour atteindre le maximum de rendement de la charge avec une pression modérée, il faut nécessairement que la fabrication des poudres concorde avec celle des bouches à feu et recherche les procédés qui permettent de proportionner la densité et la grosseur des grains de poudre aux calibres de ces dernières. Les poudres légères, à gros grains très-irréguliers, présentent plusieurs inconvénients : à poids égal, elles occupent un plus grand volume et donnent moins d'effet que les poudres plus denses dont la grosseur des grains est bien proportionnée. Il en résulte que, pour obtenir une même vitesse initiale, on est contraint d'augmenter le poids de la charge et, à plus forte raison, le volume de la chambre du canon; inconvénients graves, non-seulement au point de vue économique de la consommation de la poudre, mais encore parce que l'augmentation du volume de la chambre entraîne aussi un allongement correspondant de l'âme, soit de la partie rayée, en raison de l'expansion des gaz; il en résulte une augmentation du poids du canon, de sa longueur et de son prix de revient. — Il

est, du reste, un fait certain, c'est que les poudres dont les grains ont une grosseur et une densité uniformes donnent des effets plus réguliers.

Par exemple, pour obtenir, avec des canons de 10^{c} et de 12^{c}, la même vitesse initiale que donne notre poudre normale n° 5 de 1^{mm},8 de grosseur et de 1,73 de densité, avec la poudre à gros grains (poudre allemande), dont la grosseur varie de 6 à 10 millimètres et dont la densité n'est que de 1,60, il faut augmenter le poids de la charge de 17 p. 100. En outre, à poids égal, les charges de poudre à gros grains occupent un volume de 10 p. 100 plus grand que la poudre normale. Il en résulte que, pour obtenir avec la poudre à gros grains le même effet qu'avec la poudre normale, il faut augmenter la consommation de la poudre de 17 p. 100 et allonger la chambre de combustion, ce qui nécessite à son tour un allongement de la partie rayée, correspondant au coefficient d'expansion, et provoque forcément une augmentation du poids du canon, à moins qu'on ne préfère racheter cet inconvénient par un nouvel accroissement du poids de la charge et de la consommation de la poudre.

Ces considérations permettent de reconnaître qu'en vue de l'augmentation des charges et des perfectionnements apportés à la construction des bouches à feu, il y a tout intérêt à rechercher l'emploi de poudres plus denses; c'est aussi la seule voie qui permette d'atteindre une plus grande densité de chargement sans dépasser la limite des pressions qui assure au canon des garanties de durée et de résistance suffisantes, et d'éviter les dimensions démesurées de la chambre et de l'âme. Il importe, en conséquence, que la fabrication des poudres s'attache à atteindre ce but, afin de faciliter, dans une large mesure, la construction des bouches à feu.

En attendant que cette question soit plus avancée, il convient de prendre pour base les résultats obtenus avec les modèles de canons qui présentent les meilleures con-

ditions de chargement et les dimensions intérieures les mieux proportionnées. Toutefois, en rapportant ces données à des calibres différents de ceux qui les ont fournies, il faut tenir compte de ce que le rendement de la charge augmente sensiblement avec le calibre.

La comparaison des charges, des poids des projectiles et des vitesses initiales que comportent les canons introduits ces dernières années dans les diverses artilleries, ainsi que les nombreuses expériences exécutées par la maison Krupp, fournissent à ce sujet de précieux matériaux, dont on peut largement profiter, à la condition d'avoir égard au genre de poudre employée, aux calibres et aux dimensions intérieures des bouches à feu considérées, ainsi qu'aux différences d'altitude au-dessus de la mer entre les diverses places de tir, sur lesquelles ont été mesurées les vitesses initiales. On retire alors de cette comparaison, et des considérations qui l'accompagnent, les données suivantes qui, rapportées au poids du projectile, se présentent sous une forme plus pratique :

VITESSES	$8^c,4$	$10^c,5$	12^c	15^c	
400^m	$\frac{1}{6,2}$	$\frac{1}{6,5}$	$\frac{1}{6,8}$	$\frac{1}{7,2}$	(3)
450^m	$\frac{1}{5,0}$	$\frac{1}{5,2}$	$\frac{1}{5,5}$	$\frac{1}{5,8}$	
475^m	$\frac{1}{4,35}$	$\frac{1}{4,6}$	$\frac{1}{4,70}$	$\frac{1}{5,10}$	
500^m	$\frac{1}{4,0}$	$\frac{1}{4,25}$	$\frac{1}{4,3}$	$\frac{1}{4,5}$	

Détermination des longueurs d'âme. — La longueur d'âme dépend du volume de combustion de la charge et du volume d'expansion des gaz. Les dimensions de la chambre sont fixées à leur tour par la densité de chargement, exprimée ici par le volume qu'occupe 1 kilogramme de la charge de poudre. Cette densité varie avec la nature de la poudre, avec la limite tracée aux plus grandes pressions initiales et avec le calibre de la bouche

à feu. Elle peut augmenter, dans une certaine mesure, pour les gros calibres et pour les poudres lentes; elle doit, au contraire, diminuer pour les poudres vives. C'est pour cette raison que les poudres à gros grains et la poudre prismatique ne conviennent pas pour les charges réduites. Pour chaque espèce de poudre, il y a un maximum de densité de chargement qu'il ne convient pas de dépasser et qui doit être déterminé par l'expérience. Au-delà de cette limite, la régularité du tir diminue et il se produit des pressions anormales.

Auparavant, dans les premières périodes de la construction des canons rayés, cette question n'avait pas autant d'importance, puisque les charges étaient relativement faibles; mais l'artillerie moderne faisant usage de charges beaucoup plus fortes, il y a tout intérêt à restreindre le plus possible les dimensions à donner aux chambres de combustion. Sous ce rapport, il convient aussi d'augmenter, dans une juste mesure, la densité et les dimensions des grains de poudre.

En général, cette densité de chargement varie entre 1,35 et 1,05 décimètre cube pour 1 kilogramme de poudre; cette dernière convient seulement pour les gros calibres et la poudre prismatique la plus dense. — Pour les plus fortes charges qui nécessiteraient une longueur de chambre et de gargousse démesurées, on donne à la chambre un diamètre de 1,15 à 1,2 calibre.

Les projectiles portent nécessairement une seule ceinture de forcement, rapprochée le plus possible du culot, de façon à ce qu'ils s'engagent de presque toute leur longueur dans la partie rayée de l'âme. A l'avant, la partie cylindrique des projectiles prend appui sur les cloisons des rayures directement ou par l'intermédiaire d'un léger renflement de la fonte ou de ceintures de cuivre disposées à la naissance de l'ogive et dont le diamètre correspond au calibre de la bouche à feu. Pour donner du jeu au chargement, la chambre du projectile est alésée à un diamètre

agrandi de $1^{mm},5$, ou bien aussi le diamètre du renflement ou de la ceinture de centrage est réduit d'environ $0^{mm},5$.

« *La longueur de la partie rayée doit correspondre à l'expansion des gaz produits par la charge, c'est-à-dire à la limite au delà de laquelle l'allongement de la bouche à feu ne procurerait plus un accroissement notable de la vitesse initiale.* Cette expansion, ou plutôt la longueur d'âme convenable, varie avec la nature de la poudre, la densité de chargement, le calibre de la bouche à feu, le poids du projectile, le poids de la charge et la vitesse initiale.

Les charges de poudre très-vive sont entièrement comburées avant que l'inertie du projectile soit vaincue, les poudres lentes n'ont développé tous leurs gaz que lorsque le projectile a déjà parcouru un certain trajet dans l'âme. A partir de ce moment, les gaz agissent par expansion d'une manière analogue à l'action de la vapeur dans les cylindres d'une machine. On peut, en conséquence, appliquer la loi de Mariotte si on fait d'abord abstraction des pertes de chaleur, du mouvement des gaz et autres causes secondaires. On a alors, en désignant par T_o la pression maximum, par T_m la pression moyenne, par t la pression finale et par n l'expansion, soit le volume de l'âme du canon divisé par le volume occupé par les gaz au moment où toute la charge est comburée :

$$\frac{T_o}{t} = n; \qquad (4)$$

et

$$T_m = T_o \left[\frac{1 + \frac{1}{n}}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \ldots\ldots \frac{1}{n-1} \right]^{\frac{1}{n-1}}$$

ou bien,

$$T_m = T_o \Sigma \text{ et } T_o = \frac{T_m}{\Sigma} \qquad (5)$$

Si $n = 10$ $\Sigma = 0,264$
Si $n = 9$ $\Sigma = 0,284$
Si $n = 8$ $\Sigma = 0,308$

Si $n = 7$ $\Sigma = 0,337$
Si $n = 6$ $\Sigma = 0,373$
Si $n = 5$ $\Sigma = 0,421$
Si $n = 4$ $\Sigma = 0,486$

La pression moyenne T_m, exercée sur 1 centimètre carré de la section du projectile, se déduit de l'équation du travail et de la force vive dont le projectile est animé à sa sortie du canon. Soit l le trajet du projectile dans l'âme; on a alors :

$$T_m\, l = \frac{P}{S}\,\frac{V^2}{2g}\text{; et}$$
$$T_m = \frac{P}{S}\,\frac{V^2}{2g\,.\,l}. \qquad (6)$$

Ayant déterminé ainsi la valeur de T_m, on trouve la pression initiale T_0 et la pression finale t dès que l'expansion n est connue ; c'est donc cette dernière qu'il convient de rechercher.

On ne peut déduire les valeurs de n uniquement de considérations théoriques basées sur l'hypothèse de l'emploi d'une seule et même espèce de poudre, puisque la nature et l'effet de cette dernière sont variables et doivent nécessairement se plier aux exigences du calibre, des vitesses initiales et des pressions maxima qui, dans chaque cas, permettront d'atteindre le plus grand effet utile.

Nous prendrons donc pour point de départ et pour type les dimensions et les expansions des bouches à feu qui donnent le meilleur rendement de la charge. » En supposant la vitesse initiale mesurée au niveau de la mer, on trouve les résultats suivants, que nous rapportons au « *nombre de tonnes-mètres fourni par 1 kilogramme de poudre* ».

CALIBRE.		MODÈLE.	VITESSE initiale.	RENDEMENT en tonnes-mètres.
Fusil suisse,	1c,05 . .	1867	410m	46
Canon suisse,	8c,4. . .	1871	385m	50
—	10c,5 . .	1867	370m	52,7
Canon Krupp,	12c . . .	1876	474m	54,8
—	15c . . .	1876	482m	59

Ce tableau démontre que le rendement de la charge est en raison directe du calibre si les dimensions des bouches à feu sont bien proportionnées aux charges. Il permet de déterminer le rendement des calibres intermédiaires et approximativement celui de calibres plus forts.

Le rendement de ces divers modèles peut être considéré comme un maximum ; car une plus grande longueur d'âme n'aurait pas pour effet un accroissement sensible des vitesses initiales. On peut, par conséquent, en vue de la détermination du degré utile d'expansion, prendre pour base les proportions que présentent ces modèles.

Pour simplifier, nous admettrons que la poudre soit presque entièrement comburée au moment où le projectile s'est déplacé de 1 $\frac{1}{2}$ calibre. Cette supposition correspond sensiblement à la qualité de la poudre qui convient le mieux à chaque espèce de bouche à feu. Ceci posé, on trouve pour les calibres considérés plus haut les données contenues dans le tableau suivant :

CALIBRE.	VITESSE.	DENSITÉ de chargement.	EXPANSION = n.
1c,05	410m	1,05	17
8,4	385	1,333	6,20
10,5	370	1,55	5,82
12	475	1,21	5,68
15	482	1,20	5,03

L'interpolation graphique fournit pour *n* des valeurs plus exactes que voici :

Canon de 8c,4 ; n = 6.25
— 10,5 ; n = 5,80
— 12,0 ; n = 5,50
— 15,0 ; n = 5,10

La valeur de n *une fois déterminée, on est en mesure, à l'aide des données qui précèdent, d'établir un tableau complet du poids des projectiles, de celui des charges, des dimensions essentielles à donner à chaque calibre pour des vitesses comprises entre 400 et 500 mètres, ainsi que des pressions maxima*

et des pressions moyennes. Cependant, pour pouvoir déterminer ces dernières avec une approximation suffisante, il faut encore tenir compte du travail absorbé par le forcement et par le mouvement de rotation imprimé au projectile ; travail qui comporte environ 5 p. 100 de la pression moyenne trouvée à l'aide de la formule indiquée plus haut et pour une vitesse initiale de 400 mètres.

Les pressions obtenues correspondent bien avec la moyenne des résultats que l'appareil Rodman donne directement dans les épreuves de tir, lorsque la charge et la nature de la poudre sont bien proportionnées à la bouche à feu. Par contre, si la charge est trop forte relativement au volume de l'âme, comme c'est le cas pour la plupart des canons nouveau modèle, y compris les canons Krupp, en procédant inversement, on déduit d'abord la valeur de Σ de la pression obtenue avec l'appareil Rodman. On trouve alors l'expansion n et, par conséquent, la longueur d'âme qui serait proportionnée à la charge considérée.

Ces formules permettent ainsi de reconnaître approximativement l'effet utile qu'un système de bouche à feu est susceptible d'atteindre avec une plus grande pression déterminée. Mais il importe alors que les poudreries règlent la densité et la grosseur des grains de la poudre de façon à satisfaire aux conditions imposées, sans dépasser cette pression.

Les éléments que nous avons indiqués permettent aussi de déterminer la limite d'efficacité que pourrait atteindre un système de canons suivant la valeur des matériaux employés et le mode de fabrication des pièces.

Cependant, il convient d'ajouter que, dans le calcul des longueurs d'âme correspondantes aux grandes vitesses de 450-500 mètres, il y a lieu d'introduire une correction par suite du refroidissement des gaz pendant le parcours d'âmes aussi longues. C'est surtout le cas pour les petits calibres. On peut donc diminuer ces longueurs en ayant égard à ce que cette correction doit augmenter en raison du carré de l'accroissement de la longueur d'âme et en raison

inverse du calibre. En supposant donc que pour le canon de 10c,5, construit pour la vitesse de 450 mètres, le raccourcissement de l'âme puisse comporter 1 calibre, on trouve, pour les autres vitesses et pour des calibres différents, les valeurs suivantes :

VITESSE	RACCOURCISSEMENT DE L'AME	
	Pour canon de 10c,5.	Pour canon de 8c,4.
450m	1,0 calibre.	1,3 calibre.
475m	1,56 —	2,03 —
500m	2,8 —	3,47 —

Toutefois, il conviendrait de prendre pour point de départ de ces corrections, les résultats qu'on obtiendrait par les expériences de tronçonnements successifs d'un des calibres considérés et auquel on aurait donné un maximum de longueur d'âme.

DIMENSIONS ESSENTIELLES POUR BOUCHES A FEU DES CALIBRES DE 8c,4 A 15c ET VITESSES VARIANT DE 400 A 500 MÈTRES.

Les éléments qui précèdent ont servi à établir le tableau ci-après, contenant les dimensions essentielles et les données relatives à la construction de canons de calibres analogues à ceux qui sont en usage dans notre artillerie, pour des vitesses variant de 400 à 500 mètres.

Les données fournies par ce tableau ne sont qu'approximatives ; elles n'ont pas la prétention d'être d'une exactitude rigoureuse, nous le répétons. Cependant, puisque tous les éléments qui ont servi à son établissement ont pour point de départ les résultats des expériences faites avec des bouches à feu bien conditionnées, nous estimons que l'ensemble du tableau présente des valeurs se rapprochant de la réalité avec une approximation suffisante pour les besoins de la pratique, et que, par suite, elles peuvent servir de terme de comparaison, non-seulement pour apprécier à leur juste valeur les progrès du développement de l'artillerie et des divers modèles en présence, mais aussi à

CALIBRE.	VITESSE.	POIDS du projectile.	LONGUEUR en calibres.	CHARGE.	DENSITÉ de chargement.	DIAMÈTRE de la chambre.	LONGUEUR de la chambre.	EXPANSION.	LONGUEUR de la partie rayée		LONGUEUR d'âme		PRESSION	
									en mètres.	en calibres.	en mètres.	en calibres.	maximum.	moyenne
	mètres.	kilogr.		grammes.	dm. cubes	millim.	millim.							
8c,4	400	5,74	2,7	960	1,3	89	200	6,25	1,900	22,6	2,100	25,0	1 250	452
»	450	8,00	3,8	1 660	1,25	89	285	»	2,570	30,6	2,900	34,5	1 620	537
»	475	9,40	4,5	2 160	1,2	93	390	»	3,000	35,7	3,390	40,3	1 815	660
»	500	10,7	5,2	2 750	1,2	93	500	»	3,540	42,1	4,040	48,0	1 930	700
10c,5	400	11,7	2,7	1 700	1,3	110	235	5,8	2,110	20,1	2,350	22,4	1 360	520
»	450	15,8	3,8	3 050	1,25	116	360	»	2,960	28,0	3,320	31,6	1 725	655
»	475	18,5	4,5	4 000	1,2	122	420	»	3,360	32,0	3,780	36,0	2 000	750
»	500	21,5	5,2	5 000	1,2	130	460	»	3,880	37,0	4,340	41,4	2 210	810
12c	400	16,15	2,8	2 370	1,25	125	240	5,5	2,150	18,0	2,390	20,0	1 440	560
»	450	23,0	3,8	4 290	1,25	132	370	»	2,960	21,6	3,480	23,6	1 870	730
»	475	27,0	4,5	5 750	1,2	140	465	»	3,650	30,4	4,115	34,3	1 975	770
»	500	31,0	5,1	7 200	1,2	146	500	»	4,000	33,3	4,500	37,5	2 280	890
15c	400	30,8	2,7	4 280	1,25	154	300	5,1	2,390	15,9	2,690	18,0	1 470	620
»	450	44,0	3,8	7 550	1,2	162	440	»	3,250	21,7	3,690	24,6	1 920	815
»	475	51,7	4,4	10 000	1,2	175	500	»	3,750	25,0	4,250	28,2	2 235	950
»	500	60,2	5,0	13 400	1,2	180	640	»	4,510	30,0	5,150	34,1	2 350	990

Remarque. — Ce tableau a été établi en janvier 1879.

fixer les données nécessaires pour retirer d'emblée d'un calibre tout l'effet qu'il soit possible d'atteindre en ayant égard au degré de résistance de son mode de construction.

Ce tableau permet aussi de déduire aisément les données relatives à un calibre quelconque compris entre les calibres considérés, soit entre 8c,4 à 15c. Il va de soi que le même mode que nous avons suivi peut aussi servir à déterminer les valeurs correspondantes à tout autre calibre non compris entre les limites choisies jusqu'ici.

Dans ce qui précède, nous avons eu la précaution de prendre pour point de départ des données fournies par l'expérience, qui restaient plutôt au-dessous de la réalité.

Ce fut surtout le cas pour les déductions qui eurent trait à la détermination des charges et des effets utiles.

Mais, depuis l'époque où ces notes ont été rédigées, les nombreuses expériences exécutées, par la maison Krupp surtout, et la publication de l'historique des études faites en France sur les canons rayés, fournissent de nouveaux élément qui complètent d'une façon très-heureuse les premières données qui furent prises pour base de cette étude.

Le tableau suivant contient les éléments essentiels se rapportant aux modèles de bouches à feu qui donnent le meilleur effet utile :

	CALIBRE.	LONGUEUR d'âme en calibres.	CHARGE.	PROJECTILE.	VITESSE.	RENDEMENT par kil. de charge.
	cent.		kilogr.	kilogr.	mètres.	dynamodes.
Fusil suisse	1,05	»	0,0036	0,0205	410	48,0
Modèle d'étude français . .	7,9	25,5	1,040	4,5	590	55,1
Canon suisse (modifié) . . .	10,5	18,3	1,600	11,0	400	56,0
Canon Krupp	12,0	21,5	3,200	16,4	474	58,7
Obusier rayé suisse (modifié)	15,0	12,3	2,500	28,0	320	60,0
Canon Krupp	15,0	21,3	6,500	31,3	482	57,1
Obusier Krupp	23,0	9,0	19,0	216,0	311	61,5
Canon Krupp	35,5	21,8	115,0	525,0	502	58,5

En ayant égard aux défauts que présentent encore divers

de ces modèles, tels que projectiles trop légers, densité de chargement trop faible, expansion insuffisante, on parvient, à l'aide de ces données, à tracer une courbe empirique, donnant, avec une approximation probablement suffisante, l'effet utile que la charge de chaque calibre peut atteindre et que voici :

CALIBRE (centimètres).	RENDEMENT par k.l. de charge (dynamodes).
8,4	56
10,5	58,4
12	60
15	62
21	64
24	65
28	65 (?)
30 — 40	65 (?)

Ces rendements sont passablement plus élevés que ceux qui furent admis au début de ce travail et qui servirent à l'établissement du tableau des dimensions essentielles à donner à des calibres compris entre 8c,4 *et* 15c *et variant entre des vitesses de* 400 *à* 500 *mètres. Il en résulte que les charges qui y sont indiquées sont un peu trop fortes et que les mêmes vitesses peuvent être obtenues avec moins de charge.*

On déduit, en effet, de la courbe empirique du rendement des charges, les relations suivantes entre le poids de la charge et celui du projectile pour des vitesses comprises entre 400 et 500 mètres :

VITESSE.	8c,4	10c,5	12c	15c
400m	$\frac{1}{6,85}$	$\frac{1}{7,2}$	$\frac{1}{7,34}$	$\frac{1}{7,7}$
450m	$\frac{1}{5,44}$	$\frac{1}{5,64}$	$\frac{1}{5,8}$	$\frac{1}{6}$
475m	$\frac{1}{4,9}$	$\frac{1}{5,05}$	$\frac{1}{5,2}$	$\frac{1}{5,4}$
500m	$\frac{1}{4,88}$	$\frac{1}{4,54}$	$\frac{1}{4,7}$	$\frac{1}{4,9}$

Il résulte aussi de la comparaison des volumes d'expansion que possèdent les modèles considérés, que l'expansion qu'il convient d'utiliser croît légèrement avec le poids de la charge comburée dans la chambre. Ainsi, on trouve pour les calibres et les vitesses comprises dans notre tableau, les expansions suivantes:

VITESSE.	8c,4	10c,5	12c	15c
400m	5,4	5,25	5,15	5,1
450m	5,8	5,4	5,4	5,2
475m	6,1	5,6	5,5	5,3
500m	6,5	5,8	5,6	5,4

Ces nouvelles données nécessitent naturellement des modifications à introduire dans le tableau en question. Cependant, comme elles ne changent en rien les conclusions qu'on peut en retirer, il suffira de les mentionner brièvement. — *Ces modifications ont pour effet une diminution de la charge ainsi que des dimensions de la chambre et de la longueur d'âme et une augmentation des pressions.*

C'est-à-dire, par exemple pour le calibre de 8c,4, que les charges sont à réduire de 100 à 300 gr. et les longueurs d'âme peuvent être diminuées de 3 calibres environ. Il en est de même pour le calibre de 10c,5. Mais, par contre, pour celui de 15c, la réduction des charges varie de 300 gr. à 1 kil., tandis que la longueur d'âme reste sensiblement la même.

L'augmentation de pression qui en résulte permet de considérer les valeurs correspondantes du tableau comme indiquant les pressions en atmosphères au lieu de kilogrammes, ainsi que les donne la formule qui servit à les déterminer; car cette augmentation équivaut à peu près à cette différence.

DÉDUCTIONS DU TABLEAU TYPIQUE DES BOUCHES A FEU DE 8c,4 A 15c.

Quoi qu'il en soit, on peut déduire des valeurs contenues dans le tableau en question, les conclusions suivantes :

1° *Les obus ordinaires de 2,7 calibres de longueur conviennent seulement pour la vitesse de 400 mètres environ. Si donc pour obtenir de plus grandes vitesses on augmente seulement le poids de la charge, le projectile ne conserve pas suffisamment sa vitesse, la trajectoire devient plus irrégulière et moins étendue.*

2° *Afin de tirer le meilleur parti des vitesses comprises entre 450 et 500 mètres, on est contraint de donner aux obus ordinaires des longueurs de 3,5 à 5 calibres, longueurs qui sont bien admissibles et qui ne présentent rien de nouveau, puisque Whitworth les a déjà employées avec succès dès ses premières constructions de canons rayés* (1862). — Il va de soi, du reste, que les *shrapnels* et les *obus à anneaux segmentés* de même poids sont moins longs, puisqu'ils possèdent une plus grande densité.

3° *En vue de l'utilisation convenable des pressions développées par les fortes charges et qu'impose la recherche des grandes vitesses initiales, il faut donner à la partie rayée des bouches à feu une longueur plus considérable que celle que présentent la plupart des modèles en usage, surtout pour les canons à grande portée de gros calibre.* En effet, on voit que, pour être établies dans de bonnes conditions, les bouches à feu de calibre de 8c,4 à 15c qui doivent fournir des vitesses initiales de 500 mètres, nécessitent une longueur de la partie rayée de 29 à 30 calibres, dimension à laquelle vient encore s'ajouter la longueur de la chambre pour obtenir la longueur totale de l'âme.

Cette dimension diminue avec l'accroissement du calibre ; cependant, à partir de celui de 15c, la diminution est peu sensible, parce que l'expansion devient presque constante. Ainsi, pour des canons de 30 à 40c et pour des vitesses de 500 mètres, elle comporte encore environ 27 calibres.

4° Les pressions indiquées ne peuvent pas être d'une exactitude rigoureuse, mais seulement approximatives lorsque la qualité de la poudre est parfaitement appropriée à

la bouche à feu. Cependant, elles sont utiles comme terme de comparaison. Quoi qu'il en soit, elles correspondent assez bien avec les pressions indiquées par l'*appareil Rodman* et le « *crusher* » anglais *toutes les fois que la poudre possède les qualités requises*. C'est du moins ce qui ressort de la comparaison de ces pressions avec celles qui sont indiquées dans les nombreux protocoles d'expériences publiés par la maison Krupp, pour des calibres et des charges analogues à celles envisagées dans le tableau.

Il va de soi que les poudres trop vives donnent toujours des pressions beaucoup plus élevées.

La concordance des pressions trouvées avec celles qui sont indiquées dans les protocoles Krupp démontre que la bonne qualité des poudres employées par cet établissement est un trait caractéristique inhérent à son système de bouches à feu.

En résumé, les pressions augmentent sensiblement avec le calibre. Pour les vitesses comprises entre 400 et 500 mètres, elles comportent de 1 250 à 2 000 atmosphères pour les canons de campagne, de 1 400 à 2 250 pour les calibres moyens et de 1 500 à 2 400 pour les canons de 15c.

5° Les bouches à feu établies dans les conditions indiquées pour des vitesses de 475 à 500 mètres auraient une puissance d'effet et une portée que même les modèles de canons de création la plus récente sont encore loin d'atteindre. En effet, les données fournies par le tableau permettent de reconnaître la possibilité de lancer, avec les mêmes vitesses de 500 mètres, des projectiles de 1 $^1/_2$ à 2 fois plus lourds que ceux qui sont encore en usage, sans dépasser dans ce but les pressions que permettent d'atteindre les progrès qui ont été apportés à la fabrication et à l'usinage tant des *canons frettés* que des *canons en bronze comprimé*, eu égard aux garanties de sécurité et de durabilité qu'ils présentent.

On est donc conduit à reconnaître que, *malgré la puissance des nouvelles bouches à feu, le développement de l'artil-*

lerie rayée n'a pas encore atteint sa limite et que les perfectionnements apportés à la fabrication des canons et des poudres permettront, dans un avenir prochain, d'obtenir des effets encore supérieurs à ceux que présentent les bouches à feu actuellement en usage.

(*A suivre.*)

RÉSUMÉ DES OPÉRATIONS

DE L'ARTILLERIE ALLEMANDE

PENDANT LE SIÈGE DE MÉZIÈRES

en 1870

(D'après l'ouvrage : *Geschichte der Beobachtung, Einschliessung, Belagerung und Beschiessung von Mézières im deutsch-französischen Kriege 1870-1871*, von Sprue, Oberst-Lieutenant und Commandeur des Fuss-Artillerie-Regiments N° 15.—Berlin, 1879, Vossische Buchhandlung.)

(PL. IX.)

Description sommaire de la place de Mézières. — La place de Mézières est située sur la rive droite de la Meuse, qui l'entoure au sud, à l'ouest et au nord, formant ainsi une presqu'île dont l'entrée, à l'est, est fermée par le mont Berthaucourt, au pied duquel se termine la citadelle. Au sud et au nord se trouvent, sur la rive gauche du fleuve, les deux faubourgs de Pierre et d'Arches, fortifiés chacun par une tête de pont. Du faubourg d'Arches, une route rectiligne conduit, par un pont long de 160 mètres, à Charleville, distant seulement de 800 mètres. La fortification de Mézières comprend quatre parties principales bien distinctes : l'enceinte de la ville, la citadelle, la tête de pont du sud ou couronne de Champagne, la tête de pont du nord ou ouvrage à cornes d'Arches. L'enceinte de la ville a été formée en utilisant un ancien mur protégé par un

fossé plein d'eau et flanqué par des tours saillantes, dont les plus considérables sont les tours 52 et 63. A l'ouest et au nord-ouest, la fortification est protégée par l'ouvrage à cornes de Saint-Julien et par quelques ravelins. La citadelle est séparée de la ville par un canal et entourée d'eau de toutes parts. Elle affecte la forme générale d'un quadrilatère à six bastions. Les fronts situés du côté de la ville ont des flancs casematés et sont importants par le grand nombre d'abris qu'ils renferment ; les fronts opposés ont des cavaliers, des flancs casematés, et sont précédés d'une demi-lune et d'une lunette avancée. En outre, il existait en 1870 un ouvrage en terre sur le mont Berthaucourt, à 800 mètres de cette lunette. La citadelle renferme plusieurs magasins à poudre, une caserne, un magasin à vivres et un arsenal, tous à l'épreuve de la bombe. Les têtes de pont ont des formes régulières ; la couronne de Champagne est beaucoup plus vaste que l'ouvrage à cornes d'Arches ; l'une et l'autre n'ont que de faibles dehors.

L'importance de Mézières se fit sentir en 1870, surtout au point de vue du ravitaillement de l'armée allemande qui opérait devant Paris. De grands convois de vivres arrivaient de Belgique à Sedan, d'où il fallait les transporter à Boulzicourt par route ordinaire sur un parcours de 18 kilomètres, parce qu'on ne pouvait utiliser cette partie de la voie ferrée de Sedan à Reims, qui passait sous le canon de la place. En outre, Mézières pouvait servir de point d'appui à une entreprise offensive tentée par des troupes rassemblées dans les places du nord contre les lignes d'étapes de l'armée de la Meuse. Après la chute de Soissons, les Allemands avaient déjà résolu d'en faire le siège, mais des circonstances étrangères ajournèrent cette opération.

La place était garantie contre une surprise ou une attaque de vive force, mais non pas contre un bombardement, car elle était entourée et dominée presque de tous côtés par des hauteurs peu éloignées.

Sa garnison s'élevait à 4 000 hommes environ, dont les

deux tiers se composaient de gardes nationaux, francs-tireurs et jeunes conscrits. 3 000 hommes, parmi lesquels toutes les troupes de ligne, étaient à Mézières même ; le reste à Charleville. Le terrain extérieur fut occupé autant que le permettaient ces faibles ressources, particulièrement les villages de Saint-Mont-la-Villette, Bel-Air, Le Theux, Mohon, les maisons situées dans le voisinage de la tête de pont de Champagne, et le mont Olympe.

Investissement. — Après la bataille de Sedan, le général Von der Tann, qui était resté dans cette ville pour organiser les transports de prisonniers, conclut avec le commandant de Mézières un armistice qui dura jusqu'au 20 octobre, et pendant lequel la place devait livrer des vivres, des objets de pansement et des médicaments pour les blessés français. Lorsque, le 11 septembre, le général bavarois se mit en marche sur Reims avec ses troupes, il laissa un bataillon et un demi-escadron à Boulzicourt, pour observer Mézières. Ils furent relevés, à partir du 25, par le détachement du colonel de Ketteler (de la division de Selckow) composé de 9 bataillons de landwehr, 5 escadrons, 2 batteries et 2 compagnies de pionniers, qui occupa une ligne allant de Warnécourt à La Francheville et aux Ayvelles. Ces troupes eurent à lutter journellement contre les francs-tireurs qui tenaient le pays au nord de Mézières. Le détachement ayant été ensuite réduit de près de moitié par des départs successifs, ne put entreprendre rien de sérieux contre la place, il dut même abandonner Warnécourt, et se borner à conserver la ligne de La Francheville aux Ayvelles.

Le 8 novembre, la première armée, chargée déjà des sièges de Thionville et de Montmédy, reçut l'ordre d'entreprendre aussi celui de Mézières, et la première division d'infanterie, qui était en marche de Metz à Réthel, se rendit à Boulzicourt, où elle releva le détachement de Ketteler. Arrivée le 11 novembre devant la place, elle s'occupa de l'investir, eut à repousser plusieurs sorties de la garni-

son et à combattre les francs-tireurs. La place fut bloquée sur les trois quarts de son pourtour, mais il resta libre une étendue de 6 kilomètres environ, au nord, dont les francs-tireurs empêchaient l'occupation. La division n'avait pas encore réussi à combler ce vide, quand elle fut mise en mouvement sur Amiens et remplacée, le 23 novembre, par la 3e division de réserve. Se conformant à des ordres reçus, celle-ci se borna à occuper le terrain situé au sud de Mézières, et surtout à disperser les troupes de francs-tireurs qui reparaissaient avec plus d'audace que jamais au nord et à l'ouest de la place, et contre lesquelles on entreprit de fréquentes expéditions. Mais, à partir du 29 novembre, l'effectif du corps d'investissement diminua par le départ d'un bataillon envoyé à La Fère, d'un autre bataillon et d'une batterie qui furent dirigés du côté de Soissons. Enfin, le 19 décembre, la division elle-même partit dans la direction d'Amiens et fut remplacée le même jour par la 14e division d'infanterie, qui venait de terminer le siège de Montmédy, et à laquelle il était réservé d'exécuter l'attaque de Mézières.

La 14e division comprenait 12 bataillons, 4 escadrons, 6 batteries, 2 compagnies de pionniers de campagne et une compagnie de pionniers de forteresse laissée devant Mézières, avec un équipage de pont, par la 3e division de réserve. Elle était, en outre, accompagnée de trois compagnies de pionniers de forteresse qui avaient pris part au siège de Montmédy. Le général de Kameke, qui fut remplacé le 24 décembre par le général de Wogua, fit entourer la place complétement; les avant-postes s'étendaient de Villers-devant-Mézières, à Warcq, Bel-Air, jusqu'au nord-ouest d'Aiglemont, pour se diriger ensuite vers Roméry.

Les positions désignées à l'est et au sud de la place furent occupées sans difficulté le 19 et le 20 décembre; mais au nord, il fallut commencer par éloigner les francs-tireurs qui occupaient Harcy et le bois de la Havetière.

Attaqués le 22, à Rimogne et dans la forêt de Harcy, ils

firent une résistance énergique et ne cédèrent le terrain qu'après un combat de plusieurs heures. Le 25, on put achever l'investissement au nord et prolonger la ligne des avant-postes jusqu'à la Meuse, après avoir chassé les défenseurs de Bel-Air et de Saint-Mont-la-Villette.

Choix du plan d'attaque. — Des reconnaissances avaient été entreprises autour de la place, déjà pendant son blocus, par la 3e division de réserve. On était décidé à choisir le point d'attaque de façon que les premières batteries pussent servir d'abord à un bombardement général de la ville, puis de base aux premières opérations du siège régulier dans le cas où le bombardement n'amènerait pas la capitulation. L'attaque contre les fronts du sud était celle qui offrait le plus d'avantage à l'assiégeant au point de vue de la sécurité contre les francs-tireurs, du transport aux batteries de matériel de siège arrivant par la ligne de Reims à Réthel, et de la faiblesse relative de la fortification. La couronne de Champagne manquait d'ouvrages avancés, n'avait qu'un fossé sec, et ses escarpes étaient vues jusqu'à 2 mètres au-dessous de la magistrale, des hauteurs de Warnécourt, Évigny et les Ayvelles, situées à une distance moyenne de 2 000 pas. Ces positions permettaient en outre de bombarder directement, des premières batteries, tous les ouvrages de la forteresse et tous les quartiers de la ville. La principale difficulté de cette attaque consistait dans le franchissement de la Meuse ; mais, en combinant avec elle une attaque secondaire de l'est, ou, tout au moins, l'établissement de fortes batteries d'enfilade et à ricochet contre la citadelle et le front sud de l'enceinte de la ville, il était probable que ce passage se ferait facilement après la prise de la tête de pont de Champagne.

L'aile droite, ou attaque de la rive droite de la Meuse, devait comprendre 3 batteries de siège armées de 8 canons de 15c et 4 canons de 12c, et une batterie de canons de campagne destinée à s'opposer à des sorties. Le centre, au sud de la place, comprenait neuf batteries de siège, avec

un armement total de 22 canons de 15c, 20 canons de 12c et 4 mortiers de 21c, et deux batteries de canons de campagne placées au sud de Villers-devant-Mézières, qui devaient seconder les batteries de l'attaque principale, balayer le terrain compris entre la ville et les hauteurs de La Francheville, et battre la vallée de la Meuse, ainsi que les chemins de Mohon et de Le Theux, s'opposant ainsi à toute tentative de la garnison vers l'est ou vers le sud. L'aile gauche, enfin, était formée de deux batteries de siège, armées de 6 canons de 15c et 6 canons de 12c, pour prendre d'enfilade l'ouvrage à cornes de Saint-Julien et la couronne de Champagne, et deux batteries de canons de campagne pour s'opposer à des entreprises venant de Charleville.

Le grand parc devait être installé dans la poudrerie de Saint-Ponce, vis-à-vis du centre de l'attaque. Il ne se trouvait qu'à une distance de 3 500 mètres de la place, mais il était caché par les hauteurs de La Francheville, et très-bien relié à la gare de Boulzicourt par la voie ferrée et une bonne route. En raison des difficultés provenant de la grande étendue de la première position d'artillerie, de la présence de la Meuse qui isolait l'aile droite, et du mauvais état des chemins, on décida la création d'un parc secondaire à Lumes, pour l'attaque de la rive droite, et d'une annexe du grand parc à Warnécourt, pour le service des batteries de l'aile gauche. Toutefois, l'installation de cette annexe n'était pas encore terminée quand la place capitula.

Personnel et matériel d'artillerie. — L'artillerie de siège comprenait 18 compagnies d'artillerie de forteresse : 11 venant de Montmédy, 5 de Verdun et 2 de Commercy ; ces dernières avaient été laissées à Commercy avec une fraction du parc de siège destiné au deuxième bombardement de Verdun, qui n'était pas arrivée jusque devant cette place, la capitulation étant survenue pendant son transport. Une compagnie fut attachée au grand parc, une seconde à l'annexe de Warnécourt ; les seize autres furent

réparties en cinq divisions d'artillerie de siège, à chacune desquelles on attribua la construction et le service d'un groupe déterminé de batteries. Le commandant de l'artillerie de siège disposait en outre des batteries de la 14e division, des attelages de cinq colonnes de munitions, de ceux de l'équipage de pont et de 50 attelages de réquisition. Cinq des batteries divisionnaires furent désignées pour construire et servir les batteries de canons de campagne.

Le matériel comprenait d'abord les pièces qui avaient servi au siège de Montmédy : 8 canons de 15e longs, 11 canons de 15e courts, et 4 mortiers rayés de 21e. On fit venir en outre du parc de Verdun, 14 canons de 15e longs, 24 canons de 12e, 7 mortiers français de 22e et 3 mortiers de 15e ; et de Commercy, 4 canons de 15e longs et 8 canons de 12e. Le parc de siège fut donc formé de 26 canons de 15e longs, 11 canons de 15e courts, 32 canons de 12e, 4 mortiers rayés de 21e et 10 mortiers français, soit 83 bouches à feu ; mais on n'eut pas l'occasion de se servir des mortiers français. L'approvisionnement en munitions ne fut pas déterminé ; on prit les munitions qu'on trouva à Montmédy, Verdun et Commercy. Au début du siège, le parc possédait 24 026 obus et 2 868 shrapnels de 15e, 37 805 obus et 3 541 shrapnels de 12e, 895 obus de 21e.

Le transport du matériel de Verdun put se faire en chemin de fer, en partant de la gare de Clermont-en-Argonne, après avoir réparé les communications ferrées par Sainte-Menehould-Suippes, Saint-Hilaire-Mourmelon et Reims-Réthel-Boulzicourt. Le transport de Verdun à Clermont se fit par les routes ordinaires, à l'aide des attelages de deux colonnes de munitions, et d'un nombre considérable de chevaux de trait et de voitures (1 400 chevaux et quelques centaines de voitures) réquisitionnés dans les départements de la Meuse, des Vosges et de la Meurthe. Le transport de Clermont à Boulzicourt rencontra de sérieuses difficultés,

parce qu'on ne disposait en tout que de deux locomotives assez faibles ; l'opération dura du 19 au 29 décembre. Quant au matériel de Montmédy, on le conduisit d'abord à Sedan, puis de là à Boulzicourt ; cette dernière partie du voyage était tout aussi pénible que celui de Clermont, parce qu'on ne possédait qu'une seule locomotive et quelques wagons. De plus, le pont de Donchery étant détruit, on ne put le rétablir qu'imparfaitement, et il était incapable de supporter le poids d'une locomotive ou d'un train, de sorte qu'on fut obligé d'y faire passer les wagons l'un après l'autre. On n'utilisa, du reste, cette voie que pour le matériel et les munitions destinés au parc de Lumes. Ce qui était à destination du grand parc fut transporté par les routes ordinaires, au moyen d'attelages de réquisition.

Emplacement et construction des batteries. — L'attaque comprenait 14 batteries de siège et 5 batteries de canons de campagne ; le tableau de la page suivante fait connaître leurs emplacements et leur armement, ainsi que les objectifs qui leur furent assignés.

La construction des différentes batteries fut entreprise au fur et à mesure de l'arrivée des compagnies d'artillerie désignées pour les servir. Les batteries 8, 9 et 10 furent commencées les premières, le matin du 24 décembre, mais le travail fut découvert par la place dès son début ; 4 officiers et 5 canonniers furent blessés par des coups de la citadelle, et il fallut cesser la construction, qui fut reprise dans les nuits suivantes. Les batteries 11 et 12 furent commencées le 25 ; la première fut faite pendant la nuit, elle pouvait être vue de l'ouvrage du mont Bernard ; on travailla pendant le jour à la seconde, qui était masquée par un petit bois, mais dont le dégagement [illegible] tir ne fut pas difficile. Ces deux batteries [illegible] leurs buts directement, on installa des [illegible] en avant. Les batteries 4, 5, 6, 7, commencées [illegible] 26, furent faites pendant la nuit ; on [illegible] neige en avant des emplacements de [illegible]

NUMÉROS des batteries.	ARMEMENT Nombre de pièces.	ARMEMENT calibre.	EMPLACEMENTS.	OBJECTIFS.	DISTANCES.
			I. Batteries de siège.		mètres.
1	4	12c	Au sud-ouest de Saint-Laurent	Enfiler le front sud de la tête de pont de Champagne	3 300 à 3 800
2	4	15c c.	A 400 mètres au sud de la batterie 1	Battre la citadelle	3 500
3	4	15c c.	A 150 mètres au sud de la batterie 2	Battre la citadelle et la ville	2 000 à 2 300
4	4	21c	A l'est de la route de La Francheville	Battre la face gauche et enfiler la face droite du ravelin 46	2 200
5	4	12c	Au nord de La Francheville	Enfiler le front est de la citadelle	2 500 à 2 700
6	2 2	15c c. 15c l.	Au nord-ouest de La Francheville	Battre la face gauche du bastion 42	2 000
7	6	12c		Battre la tête de pont de Champagne	2 300 à 2 500
8	6	15c l.	Au nord-ouest de La Francheville	Battre l'intérieur de la ville et Charleville	2 700 et 4 200
9	4	15c l.		Battre la face droite du ravelin 45	1 900
10	4	12c	Au nord-ouest de La Francheville	Battre la ville et la citadelle	2 400 et 2 700
11	6	12c	Au nord-est de la Folie-Macé	Battre la courtine 41-42 et le faubourg de Pierre	2 000
				Battre l'intérieur de la ville	2 400
12	6	15c l.	A 1 000 mètres au nord de la Folie-Macé	Battre la face droite du bastion 42 et le faubourg de Pierre	2 000
				Battre l'intérieur de la ville	2 400
13	6	12c	Au nord de la route de Warnécourt	Enfiler le front de Saint-Julien	3 500
14	6	15c l.	Sur le chemin de Fagnon à Warcq	Enfiler le front sud de Mézières	3 100 à 3 900
				Battre la tête de pont de Champagne	3 600
			II. Batteries de campagne.		
1	6	8c	Au sud du chemin de Saint-Laurent	Battre la citadelle	3 600
2	6	8c	Au sud-ouest de Villers	Battre la tête de pont et la citadelle	3 200 et 3 300
3	6	9c	Au sud-ouest de Villers		
4	6	9c	Au sud de Damouzy	Battre Charleville et le mont Berthaucourt	3 900 et 4 200
5	6	9c	Au sud de Damouzy		

TOTAL : 98 bouches à feu, dont 30 canons de campagne. { 12 de 8c / 18 de 9c } et 68 pièces de siège { 30 de 12c. / 10 de 15c courts. / 24 de 15c longs. / 4 mortiers de 21c. }

de la rive droite de la Meuse
pouvoir soutenir l'attaque
Champagne et, en cas de
recte contre la citadelle. Comme
défenseurs de Vivier-Guyon
tement avant le bombardement
teries sur le versant sud du plateau
dans la direction du mont Ber
commencée le soir du 24, les
leur construction fut dérangée par
citées précédemment et quelques
la batterie 1, on rencontra le roc
terre. Enfin, on ne commença que
teries 13 et 14 de l'aile gauche,
de la Hobette, la deuxième derrière
Warcq, à l'endroit où le remblai
2m,50 put être utilisé comme parapet
coïncidant avec les premiers travaux
nexe de Warnécourt, il fallut transporter
les outils, directement du grand parc
des batteries. Toutes les batteries
minées et armées dans la nuit du
épaulements destinés à abriter les
furent prêts au même moment.

Comme on avait pris la résolution
faire pendant le jour les batteries
de la place, les défenseurs ne remarquèrent
pas leur construction, circonstance
par une forte tombée de neige survenue
On se conforma au type normal
avec parapet plein, les embrasures
affouillements de la plongée.
varia entre 5 et 8 mètres. La plupart
pourvues d'un abri pour deux pièces
extrémité ; quelques-unes en eurent
permettait leur position, cachée

On avait installé à chaque extrémité de la batterie 8, un grand abri avec portes et fenêtres, poêle en fonte, etc.

Le froid excessif rendit les transports et les travaux très-pénibles : le sol était durci et il fallut employer beaucoup de travailleurs et des outils très-solides pour le remuer; les fascinages ne purent se faire qu'en assouplissant les bois au feu; aussi fut-on très-heureux d'en recevoir en grande quantité de Sedan et de Montmédy; il fallut aussi installer dans le voisinage de toutes les batteries des locaux de chauffage pour maintenir liquide l'eau de savon nécessaire au lavage des pièces. Enfin, des précautions furent prises pour empêcher les servants de glisser dans les batteries; ce qui réussit le mieux fut de couvrir les rampes, plates-formes et gradins avec des cendres et du charbon concassé. Les masses de neige étaient rejetées hors des batteries avec des pelles.

Dispositions pour l'ouverture du feu. — Le 30 décembre, les avant-postes furent renforcés et rapprochés de la place; ils occupèrent Vivier-Guyon et la Scierie; deux compagnies s'avancèrent de Bel-Air contre Charleville, mais furent repoussées. A midi, le général de Wogua fit sommer le commandant de capituler, sinon il commencerait le siége et le bombardement, déclarant en même temps que Charleville serait traité comme place de guerre si la garnison ne l'évacuait pas. Le commandant répondit par un refus.

Toutes les batteries devaient être prêtes à faire feu le 31 décembre, à sept heures et demie du matin, et le signal donné par la batterie 13. Le nombre des coups à tirer par pièce et par 24 heures fut fixé à 60 pour les canons, 25 pour les mortiers. Pendant le jour, de sept heures et demie du matin à 4 heures et demie du soir, les canons devaient tirer 5 coups par heure, et les mortiers 3; pendant la nuit, les canons 1 coup par heure, et les mortiers, 1 coup par deux heures. Dans des cas exceptionnels, par exemple pour combattre des bouches à feu des remparts qui devien-

draient inquiétantes, les commandants de batterie étaient autorisés à employer un feu plus rapide. Le tir contre la ville devait se faire avec des obus incendiaires. Les batteries de campagne n'avaient à prendre part au feu que pendant le jour. Enfin, il était prescrit de ne chercher à combattre l'artillerie de la place que dans le cas où elle tirerait sur les batteries, et d'abandonner ce combat, pour incendier la ville, aussitôt que le feu des remparts se tairait ou se ralentirait.

Bombardement. — Le matin du 31 décembre, le ciel était couvert, et il ne fit suffisamment jour pour voir les buts que vers huit heures. C'est à peu près à ce moment que la batterie 13 donna le signal attendu, et le feu commença aussitôt de toutes les batteries de siège et de campagne. On tira d'abord contre les objectifs assignés, afin d'être complétement orienté dans le cas d'un combat d'artillerie. Pendant quelque temps, la place ne répondit pas au feu assiégeant, il se passa une demi-heure jusqu'à ce que les premiers coups arrivassent de l'ouvrage de Saint-Julien et de la tour 52 contre la batterie 13 ; la citadelle et la couronne de Champagne commencèrent le feu un quart d'heure plus tard. A ce moment déjà, beaucoup de batteries avaient entrepris le bombardement de la ville et allumé plusieurs incendies. Les batteries de campagne 4 et 5 tirèrent contre Charleville et les faubourgs d'Arches et de Saint-Julien ; le feu de la place dirigé contre ces batteries ne produisant aucun effet, elles ne discontinuèrent pas le bombardement. Au contraire, toutes les autres durent reprendre plus ou moins le combat d'artillerie, parce que le feu des remparts prit une énergie croissante. La tour 52 et le demi-bastion 59 tiraient contre la batterie 13, et furent combattus par les batteries 10, 12, 13 et 14. Les bouches à feu de la face gauche de la tête de pont se tournèrent contre les batteries de la rive droite de la Meuse ; la batterie 2 fut atteinte à plusieurs reprises ; dans la batterie 3, il y eut un sous-officier grièvement blessé. Elles furent

combattues par toutes les batteries de la rive droite et par les batteries 8 et 5 de la rive gauche; une pièce blindée de la tête de pont fut démontée. Le cavalier 12 et le bastion 13 de la citadelle combattirent principalement les batteries 6 et 7, et de temps en temps les batteries 8, 9, 11 et 12. La face droite du bastion 43 dirigea son feu contre la batterie 5, le cavalier 45 contre la batterie 8, la face gauche du bastion 42 contre les batteries 6 et 7; la face droite de ce même bastion, la courtine 41-42 et la face droite du bastion 41 contre les batteries 11 et 12. Mais le tir de ces derniers ouvrages était beaucoup trop allongé; la plupart des projectiles destinés aux batteries 11 et 12 atteignirent les environs de la Folie-Macé, de sorte que ces batteries ne ripostèrent même pas; la courtine 41-42 et le bastion 41 ne reçurent donc que le feu d'enfilade des batteries de la rive droite de la Meuse. La batterie 5 et deux pièces de la batterie 8 combattirent la face droite du bastion 43, les deux autres pièces de cette batterie et les batteries 6 et 7 répondirent au feu du bastion 42 et de la citadelle. Mais, conformément aux ordres donnés, on reprenait vite le bombardement quand les ouvrages de la place se taisaient; les batteries d'attaque étaient si éloignées, que chercher à ruiner systématiquement l'artillerie des remparts eût été un gaspillage de munitions. Il était néanmoins nécessaire de soutenir le combat d'artillerie, d'autant plus que certains ouvrages commençaient à menacer le grand parc, qui reçut un certain nombre de projectiles, provenant des coups trop longs de la citadelle et de la couronne de Champagne contre les batteries 5 et 6. Il fallut évacuer la salle d'artifices, cesser le chargement des obus et le remplissage des gargousses, faire ramener à Boulzicourt des wagons de poudre qu'on n'avait pas encore eu le temps de décharger.

Le combat de quelques batteries dura jusque vers trois heures et demie, moment à partir duquel l'artillerie de la place se tut complétement. Vers quatre heures, la garnison tenta un faible coup de main du côté de Mohon, contre les

batteries 5, 6 et 7, mais les tirailleurs furent repoussés par le feu à obus à balles des batteries 5, 7, 8 et 9. La batterie 4 fut aussi fréquemment inquiétée par la fusillade des premières maisons de Mohon, et eut un canonnier grièvement blessé.

A l'arrivée de l'obscurité, toutes les batteries prirent leurs dispositions pour le tir de nuit, et les batteries de campagne retournèrent dans leurs cantonnements ; on renvoya une partie des servants, et les batteries de siège continuèrent le feu, les unes avec toutes leurs pièces, les autres avec deux pièces seulement. Les incendies de Mézières devenaient de plus en plus visibles ; on distinguait aussi plusieurs grands incendies dans le faubourg de Pierre et à Charleville. Au coup de minuit de la nouvelle année, plusieurs batteries firent un feu de salve contre la ville.

Le matin du 1er janvier, on reprit les dispositions de la veille. La place était enveloppée de brouillard et de fumée. A partir de huit heures et demie, les batteries reprirent le feu dans la mesure prescrite pour le jour ; mais quelques-unes, particulièrement les batteries de la rive droite de la Meuse, auxquelles le brouillard et la fumée rendaient l'observation très-difficile, continuèrent le feu lent de la nuit. Les remparts gardaient le silence. Vers onze heures moins un quart, les batteries 6, 8, 9, 10, 11 et 12 reçurent l'ordre de pointer leurs pièces sur Charleville, mais elles n'avaient lancé que quelques obus quand le drapeau blanc apparut sur les tours et les ouvrages de la place. Le feu de toutes les batteries cessa entre onze heures et onze heures et demie.

Capitulation. — Les conditions de la capitulation furent discutées à La Francheville, et ratifiées par le commandant de la place ; elles étaient les mêmes qu'à Sedan. Les Allemands prirent possession le lendemain de la ville et du matériel de guerre qu'elle renfermait, parmi lequel 134 bouches à feu, dont 7 étaient démontées ; leur répartition était la suivante :

CANONS RAYÉS.			CANONS LISSES.			OBUSIERS.		MORTIERS.		
24	12	4	24	16	12	22c	16c	27c	22c	15c
8	23	6	5	16	18	16	15	5	11	11

Munitions consommées par les assiégeants. — Dans les journées du 31 décembre et du 1er janvier, l'artillerie assiégeante avait consommé les munitions suivantes :

Obus de 8c.	408
Obus de 9c.	1 251
Obus de 12c	2 333 (dont 592 incendiaires).
Shrapnels de 12c . .	19
Obus de 15c	2 116 (dont 301 incendiaires).
Shrapnels de 15c . .	22
Obus de 21c	170

soit un total de 6 319 projectiles, dont 893 obus incendiaires et 41 shrapnels.

Pertes en hommes et en matériel. — Les pertes de l'artillerie allemande pendant la construction des batteries et le bombardement s'élevèrent à un officier, un sous-officier et 2 hommes tués ; 3 officiers, un sous-officier et 12 canonniers blessés. Deux canons de 12c, un canon de 15c et un mortier de 21c furent mis hors de service par des accidents survenus pendant le tir aux appareils de fermeture ; un canon de 15c, en acier, éclata dans la batterie 6, et brisa l'affût de la pièce voisine.

État de la ville après la capitulation. — L'intérieur de la ville de Mézières présentait l'aspect de la plus affreuse destruction. Le quartier qui entoure la cathédrale ne formait qu'un amas de ruines fumantes, d'où s'échappaient partout des flammes ; le quartier voisin de la citadelle avait moins souffert. Dans le faubourg du Pont-de-Pierre, la grande caserne, le magasin à fourrage et beaucoup de maisons étaient détruits. Dans la citadelle, il y avait quel-

ques casernes en flammes, des maisons fortement endommagées ; les voûtes de deux magasins à poudre présentaient de fortes fissures, et il est probable qu'une courte prolongation du bombardement aurait amené une explosion. A Charleville, il n'y eut que quatre incendies qui dévorèrent cinq ou six maisons. Comme on devait s'y attendre, la fortification n'avait que très-peu souffert. Les pionniers, aidés des habitants, entreprirent les travaux de déblaiement, qui durèrent plusieurs semaines.

H. Roswag,
Capitaine d'artillerie.

NOTE SUR L'ORGANISATION ET L'EMPLOI

DE

L'ARTILLERIE DE SIÈGE

Par le capitaine WALKEY, R. A.,

Instructeur d'artillerie à l'Académie royale militaire.

(Extrait des *Proceedings of the Royal Artillery Institution.*)

(*Suite* [1].)

CHAPITRE II.

Personnel de l'artillerie de siège : Effectif nécessaire. — Organisation dans l'armée anglaise ; discussion. — Utilité d'un train de transport spécial. — *Armement des batteries :* Comment et par qui décidé. — *Batteries de première position :* Emploi des divers calibres suivant les circonstances. — Espèces de projectiles. — Exemples tirés de la guerre de 1870-1871. — *Batteries de deuxième position :* Calibres. — Projectiles. — Difficultés de l'armement. — Prescriptions générales. — Ouverture du feu simultanée. — *Transport des munitions :* Entretien de l'approvisionnement. — *Heure de relever le service :* Force des détachements. — *Devoirs des officiers :* Commandants supérieurs. — Officiers de batterie. — Instructions pratiques pour les officiers ; Service de tranchée. — Tir à démonter. — Destruction des parapets. — Points à viser. — Tir à obus, à shrapnels. — Obus éclairants. — *Colonnes d'assaut :* Détachement d'artilleurs. — Sa place dans la colonne. — Leurs fonctions. — Munitions à emporter.

Personnel de l'artillerie de siège.

Le nombre et le calibre des bouches à feu nécessaires pour le siège d'une place ayant été fixés, on en déduit l'effectif des troupes d'artillerie.

Il faut fournir trois tours de service, et réserver une proportion suffisante pour les cas imprévus, le service du camp, le transport des munitions, le travail des parcs, etc.

Dans l'artillerie anglaise, une section, soit lourde, soit

(1) Voir *Revue d'artillerie*, livraison de janvier 1880, p. 349.

légère, est servie par huit batteries com[illegible]
suit :

GRADES.	POUR 1 BATTERIE.	POUR 8 BATTERIES.
Officiers.		
Majors.	1	8
Capitaines.	1	8
Lieutenants	2	16
Total. . . .	4	32
Sous-officiers et hommes.		
Sergents-majors	1	8
Sergents.	5	40
Caporaux	5	40
Bombardiers.	5	40
Canonniers	120	960
Trompettes	2	16
Total. . . .	138	1 104

Ces batteries ont en charge 36 canons, 30[illegible]
tout le matériel de parc que comporte la section [illegible]
tranchée, instruments, accessoires, armement [illegible]
siège roulant à vide ou chargés de la pièce. [illegible]

Les 30 pièces de fort calibre de la section [illegible]
chacune, demandent 300 servants pour le [illegible]
moment donné, soit 900 pour assurer les [illegible]
force de 8 batteries est de 1 104 hommes. [illegible]
8 sergents-majors et 16 trompettes, il reste [illegible]
180 de plus que le chiffre strictement [illegible]
par tour ou 2 par pièce pour les travaux [illegible]
d'autres termes, on a ainsi 3 détachement[illegible]
par pièce pour servir les gros canons.

En général, les deux tiers tout au plus [illegible]
section seront en position ou du moins [illegible]
peut compter, dans ce cas, 18 homm[illegible]
suffisant ; mais une troupe constituan[illegible]
devrait-elle pas avoir un effectif ass[illegible]

la fois toutes les pièces de gros calibres? Les canons de 7 et les fusées n'ont pas été comptés.

Une compagnie de 200 hommes est regardée, en Prusse, comme suffisante pour le service permanent d'une batterie de 6 pièces de 15c, de 8 pièces de 12c, de 4 pièces de 21c, ou de deux batteries de 6 canons de 9c. Par cette combinaison, on peut prendre pour unité la batterie ou même la subdivision correspondant à une pièce. Une pareille organisation n'est-elle pas préférable à celle de l'artillerie anglaise? Le général E. Wray y voit l'avantage qu'en ayant ainsi une réserve composée de pièces formant chacune une unité complète en personnel, matériel et accessoires, on organise aisément un parc de siège de n'importe quelle composition. Si, au contraire, on forme en temps de paix des sections légères ou lourdes de 30 canons, on ne peut changer la proportion des calibres sans tout bouleverser pour reconstituer le parc de toutes pièces.

Le soin d'approvisionner les magasins de tranchée au moyen des dépôts intermédiaires, et ceux-ci, par les magasins du parc, incombant le plus souvent à l'artillerie de siège, le travail augmente beaucoup avec l'éloignement des parcs. On ne peut admettre comme règle que les batteries de campagne fournissent leurs attelages, bien qu'on puisse souvent y recourir. Si l'on ne peut construire de tramway, l'état des chemins aura une grande importance et peut rendre les transports très-pénibles. D'ailleurs, même dans le cas le plus favorable, le grand poids des projectiles et des charges de poudre fait du chargement des voitures, du transbordement ou de l'engerbement des munitions un travail considérable à lui seul. A tout cela on doit avoir égard pour calculer le personnel nécessaire.

Les transports étant plus ou moins considérables, plus ou moins difficiles, selon la place à attaquer, il paraît avantageux de constituer un train de transport de siège, distinct des troupes destinées au service des canons. On

délivrerait par là le personnel combattant de charges considérables, on n'aurait plus à en baser l'effectif que sur le nombre de pièces à servir, et chacun pourrait être mieux préparé à ses fonctions spéciales.

La campagne de Crimée, où de grandes difficultés avaient compliqué les transports, a fait sentir ce qu'une pareille organisation aurait d'utile; les Allemands l'ont adoptée depuis leur dernière guerre.

Ceux-ci, après l'expérience de 1866, ne croyaient pas à l'importance des places fortes. Obligés, tout d'un coup, d'envoyer devant Strasbourg 288 pièces (tout leur parc de siège) et d'en ajouter 71 bientôt après, tandis que les sièges de Metz et de Toul réclamaient d'autres parcs, ils n'y étaient en rien préparés [1]. Les compagnies de forteresse passaient, en se dédoublant, de l'effectif de 80 à celui de 400 hommes. Depuis la guerre, on a augmenté les cadres de l'artillerie de forteresse, décidé la formation d'un détachement de chemin de fer de campagne attaché au parc, et celle d'un train de 300 à 400 voitures pour les transports.

L'organisation anglaise, créée en vue surtout de l'administration, peut cependant passer pour bonne. Huit batteries suffiront à servir une section, [illegible]ndition de les renforcer en temps utile, que les transports soient difficiles ou qu'il faille servir toutes les pièces à la fois, ou que toute autre circonstance l'exige.

Armement des batteries.

Construire les plates-formes, amener les pièces, les monter et les placer à la position de tir, apporter les munitions, les armements, les agrès, c'est armer une batterie.

La première de ces opérations, dans l'armée anglaise, incombe habituellement au génie.

L'emplacement et le tracé de chaque batterie de siège

[1] A la fin de la guerre, les Prussiens avaient en France 800 pièces de siège. Les Allemands du sud en avaient, en outre, beaucoup.

sont arrêtés par les commandants de l'artillerie et du génie. Chaque ouvrage est construit dans un but défini, bombarder, contrebattre, battre en brèche ou d'enfilade certaines parties de la place ; l'armement, approprié à l'objectif, est décidé de même par l'autorité supérieure. Les considérations suivantes, au sujet des batteries de première et de seconde position, sont tout à fait générales, et les conclusions à modifier selon les circonstances.

Les canons de la première position devront :

1° Bombarder, ce qui comprend la destruction des bâtiments, du matériel, l'effet meurtrier sur les défenseurs;

2° Contrebattre l'artillerie ;

3° Renfermer l'assiégé dans ses ouvrages ;

4° Repousser les sorties.

Il faut des obus et des shrapnels d'une grande puissance, avec beaucoup de portée, de précision et de pénétration.

Dans la guerre de 1870, la portée de 3 750 mètres, admise comme limite par les Allemands, a été atteinte plus souvent qu'ils ne s'y attendaient, et dans beaucoup de cas dépassée. Aussi ont-ils adopté depuis un canon de première position plus puissant, fretté, du calibre de 15c et d'une portée de 8 500 mètres sous l'angle de 40°; il est destiné à contrebattre l'artillerie à 4 500 mètres, à tirer d'enfilade à 5 000 mètres, à bombarder jusqu'à 7 500 mètres ; on propose encore un canon court de 21c, avec une portée moyenne de 5 000 mètres, pour détruire les traverses et les abris blindés.

D'après le règlement français, « l'armement des batteries de première position se compose des pièces des plus forts calibres dont dispose l'assiégeant. A ces pièces on ajoute quelques bouches à feu de campagne destinées à tirer contre les sorties. »

Les calibres employés à la première position seront le canon de 64 liv., l'obusier de 8po, celui de 6po,3 pour enfiler les faces, démonter l'artillerie, bombarder et fouiller l'inté-

rieur des ouvrages. En outre, quelques canons de 25 liv. et de 40 liv. serviront à chasser l'ennemi de tout le terrain en avant de la fortification.

La distance de ces batteries est trop grande pour que l'assiégé puisse entendre quand on y travaille. Très-espacées, occupant quelquefois plus d'un demi-cercle autour de la place, elles ont des abords faciles; construites sur le sol, elles peuvent être armées avant que le coffre soit terminé, et sont ainsi plus tôt prêtes à tirer. On pourra souvent y travailler sans interruption si on est entièrement à l'abri des vues. Tout au moins, la possibilité de montrer de jour au personnel l'emplacement de la batterie, des magasins, les rampes et communications, facilitera le travail de nuit. On pourra y transporter de jour les munitions, mais, à moins de difficultés exceptionnelles, on ne commencera l'armement que dans la nuit qui précède l'ouverture du feu.

On emploiera, pour le bombardement, l'obus ordinaire ou allongé et le shrapnel, celui-ci pour éteindre momentanément le feu de l'artillerie en forçant les servants à s'abriter, l'obus ordinaire pour enfiler les faces et démonter les pièces. Quelques obus éclairants pourraient être utiles, mais leur portée actuelle de 1 200 mètres est insuffisante. On peut avoir des boîtes à mitraille pour le cas, improbable il est vrai, où une sortie pourrait parvenir jusque là. Dans les nombreux sièges de la guerre de 1870-1871, on ne s'est jamais servi de mitraille.

Ce n'est que sur place, après un examen approfondi du rôle de chaque pièce, que l'on pourra décider dans quelle proportion on doit employer les diverses espèces de projectiles. Il faut cependant que cela soit fixé assez à l'avance pour qu'on puisse disposer au parc l'approvisionnement de chaque batterie de manière à pouvoir le faire transporter sans retard.

Pendant la guerre de 1870, les obus allongés ont produit beaucoup d'effet contre les maçonneries, les traverses

voûtées et les abris blindés. L'effet incendiaire des obus ordinaires a toujours été lent et incertain; l'artillerie allemande a maintenant un projectile incendiaire spécial. Quant au shrapnel, la durée de la fusée limitait son emploi à la portée de 2250 mètres. Un rapport sur cette question fait remarquer que, dans un combat d'artillerie à grande portée, toujours peu efficace, le shrapnel mieux qu'un autre projectile pourrait faire taire l'artillerie de l'adversaire en chassant les servants. « Il s'en est présenté un exemple remarquable à Soissons, le quatrième jour du siège. »

Aux batteries de seconde position qui doivent livrer le grand combat d'artillerie, les pièces auront comme objectifs :

1° Contrebattre l'artillerie;

2° Faire brèche ou démolir;

3° Éteindre les feux d'infanterie;

4° Protéger les travaux d'approche.

L'armement ici sera difficile : l'assiégé entend assez pour diriger son tir qui est plus efficace à cause de la portée moindre. La place qu'occupent les batteries de première position lui permet, d'ailleurs, de prévoir celle des batteries plus rapprochées. De là une probabilité plus grande pour que le travail soit gêné.

Il faut construire rapidement, en deux nuits au plus; de là, nécessité d'adopter un autre type, la batterie enfoncée que l'artillerie ne peut commencer à armer avant que le terre-plein soit entièrement creusé; il faudra donc armer plus vite. En outre, l'espace plus resserré donne moins de liberté de mouvements aux travailleurs, et le silence est de rigueur; les communications sont moins nombreuses et moins faciles.

Les considérations précédentes jointes à celle d'une portée plus courte ont fait adopter les calibres plus faibles de 40 liv., 25 liv. et les obusiers de 6p,3, pièces relativement légères et maniables.

D'après le règlement français, les batteries de deuxième position recevront en général des bouches à feu telles que des canons de 15c légers ou de 12c; ce n'est qu'en vue de résultats particuliers à obtenir, qu'on rapprochera de la place, quand cela sera devenu possible, quelques-uns des canons les plus lourds.

A en croire les modifications apportées par les Prussiens à leur parc de siège, après les enseignements de leur dernière guerre et les expériences faites depuis, les calibres indiqués paraissent suffisants. Par exemple, le canon léger de 15c s'est bien comporté dans le tir plongeant avec obus allongés, et quoique le canon de 12c, dont l'obus pèse 30 livres, n'ait pas réalisé ce qu'on en attendait contre l'artillerie, sa mobilité a paru avantageuse. Perfectionné depuis, il a beaucoup gagné en portée et en précision, et peut avoir un grand effet pour démonter les pièces; on a allongé l'obus pour avoir plus de pénétration et d'effet contre la maçonnerie.

Les batteries de seconde position tireront l'obus ordinaire, le shrapnel, le projectile de rupture, l'obus allongé, l'obus éclairant et la boîte à mitraille. On décide des proportions comme pour les approvisionnements des premières batteries.

Il est important que les batteries ne soient armées que dans la nuit qui précède l'ouverture du feu, et qu'elles soient prêtes dès l'aube. Les officiers chargés de cette opération doivent connaître à l'avance les pièces, les affûts dont ils disposeront, les approvisionnements que doivent recevoir les magasins de la batterie. Le plan des attaques et la position des ouvrages leur auront été communiqués pour qu'ils puissent choisir la meilleure voie pour amener les pièces; ils ont également à prévoir quels agrès ou accessoires seront nécessaires pour la mise en place et le service des canons.

Avant d'ouvrir le feu, il faut être sûr de n'avoir pas à l'interrompre faute de munitions; les magasins doivent

être approvisionnés exactement en quantité comme en espèces. Si l'on doit employer des charges réduites, elles seront préparées et pesées à l'avance. Pour les projectiles, le nombre, l'espèce, le genre de fusées auront été décidés. Cela fait, les munitions de chaque batterie doivent être, autant que possible, emmagasinées séparément au parc, et chaque lot vérifié avec le plus grand soin. Le personnel recevra, peu de temps auparavant, les instructions et recommandations nécessaires pour tout ce qu'il doit exécuter pendant la nuit; il sera mis en garde contre les erreurs les plus à craindre.

Les routes qui conduisent aux batteries auront été, de jour, examinées avec soin et repérées; la position des obstacles notée, et toutes précautions prises pour éviter les erreurs pendant la nuit.

Il importe que le feu commence partout à la fois. Un oubli peut empêcher une batterie importante d'être prête à l'heure fixée; il faut tout prévoir pour l'éviter. Car on perdrait ainsi l'avantage de l'offensive, et probablement la supériorité que l'on cherche à obtenir sur le feu des ouvrages assiégés.

Le prince de Hohenlohe dit à ce sujet : « La fin de la nuit est le signal de l'ouverture du feu. Il est indispensable qu'il commence dès que le jour point; sans cela, l'assiégé qui aperçoit les batteries nouvelles, démasquées, ouvre le feu avant elles. Le premier qui tire, en pareil cas, observe mieux ses coups, et règle leur tir aisément. Un ouvrage de fortification battu de deux côtés et atteint avant d'avoir riposté ne sera guère en état d'observer l'effet de son propre feu. Comment rétablir l'ordre dans une troupe d'artillerie éveillée brusquement par le feu de l'assaillant, et obligée d'aller servir des pièces sur le rempart où obus et shrapnels tombent comme grêle.

« Là, comme partout en guerre, attaquer et surprendre font la moitié du succès.

« L'ordre a été donné à temps pour que toutes les batte-

ries puissent être prêtes à ouvrir le feu ensemble. Elles le font à la pointe du jour, dès qu'on peut voir et rectifier le tir. Si, contre les prévisions, quelques pièces ou même certaines batteries sont en retard, on ne les attend pas. »

Il faut seulement ajouter, en ce qui concerne les batteries de seconde position, que les précautions sont plus importantes encore. Car, en raison de la proximité de l'ennemi, un oubli peut causer la ruine de certaines pièces, ou de la batterie entière, et retarder indéfiniment les opérations du siège.

Les magasins de la batterie sont ordinairement assez grands pour contenir les munitions pour deux jours. Il faut éviter autant que possible de transporter les poudres sous le feu de l'ennemi. On entasse les caisses avec ordre dans les magasins, de manière à en retirer, sans peine, les charges au moment de les employer. Le détachement relevé emporte les caisses vides. Celui qui relève apporte avec lui la consommation journalière habituelle, ou les quantités consommées d'après les rapports fournis par la garde descendante du jour précédent.

Manière de relever le personnel. Ses fonctions à la batterie.

D'après le prince de Hohenlohe : « On doit relever le service de nuit, le soir ou le matin. Le dernier parti permet au détachement de régler son tir de jour, et d'être mieux préparé à tout ce qu'il peut avoir à faire la nuit. Par contre, les hommes passent une mauvaise nuit avant de prendre le service pour 24 heures. En hiver surtout, et lorsque les cantonnements sont éloignés, il en résulte trop de fatigue pour que cela soit possible longtemps. Il vaut mieux relever le soir, en évitant de le faire à la même heure pour toutes les batteries : l'ennemi s'en apercevrait bientôt, et redoublerait son feu alors que les deux détachements seraient à la fois exposés. »

En principe, il faut limiter au strict nécessaire le nombre d'officiers et d'hommes; on s'exposerait, autrement, à trop de pertes. La force d'un détachement se règle sur le personnel que réclame le service des pièces, on l'augmente dans une certaine proportion pour parer aux éventualités. Dans les batteries, il y a assez d'hommes pour que le service ne soit pas ralenti ni trop pénible, assez d'officiers pour diriger et surveiller le tir. Le surplus se tient à proximité, en dehors du feu, ou sous des abris blindés; il est formellement défendu de se découvrir pour observer le tir ou pour tout autre motif.

Il suffit, ordinairement, d'un officier par batterie, tandis qu'un officier supérieur commande un groupe de batteries qui communiquent facilement entre elles.

Le commandant supérieur doit exposer clairement aux officiers de batterie le but à atteindre, désigner les pièces qui doivent concentrer leur feu, indiquer les brèches à faire, le genre de tir, les charges et les points à viser; en un mot, s'assurer que chaque officier saura exactement ce que les pièces qu'il commande ont à exécuter.

Les ordres étant donnés pour le tir en brèche plongeant, on calcule, d'après le profil de la fortification, l'angle de chute et la charge. L'angle de tir, la durée du trajet qui en sont déduits doivent être donnés aux commandants de batterie pour les coups d'essai.

Ces dispositions prises quelque temps avant la mise en route du détachement, le commandant de batterie doit faire tous les préparatifs nécessaires pour le tir, s'assurer, par exemple, qu'il a les projectiles, les charges, tous les armements, munitions et agrès. Il est, ainsi, prêt à commencer le feu, dès que le détachement est entré en batterie.

Le commandant de batterie tient un registre des munitions consommées, en espèce et quantité, pendant son service; il communique ces chiffres à qui de droit, pour qu'on puisse les remplacer.

Il doit noter l'angle et la charge nécessaires pour le tir

sur les différents buts, et les progrès de la brèche, quand il y a lieu; ces renseignements sont transmis par lui à l'officier qui le relève. Il en est de même des observations faites sur l'ennemi, telles que l'heure où il relève le service, celle où son feu devient habituellement plus vif, le degré de régularité de son tir de nuit.

Le commandant de batterie observe lui-même les effets du tir, s'il n'en est empêché par un autre devoir. Dans ce dernier cas, il emploie un observateur exercé et se tient en correspondance avec lui. D'une station très en dehors de la direction du tir, on ne peut apprécier les déviations latérales des coups courts ou longs. Quand on se tient près de la batterie, des piquets de repère, plantés à une faible distance, aident beaucoup à mesurer les écarts latéraux.

Quelques hommes seulement, dans une batterie, sont en état de pointer exactement; de plus, chaque pointeur a son erreur personnelle; pour rendre le tir aussi précis que possible, il conviendrait de désigner, comme pointeur unique, un sous-officier ou un homme, à moins que l'officier ne pointe lui-même.

Avant le crépuscule, tout doit être installé pour le tir de nuit, les repères placés. Quelques coups d'essai sont tirés pour en vérifier l'exactitude et faire les corrections, s'il y a lieu.

Il est, en général, bon que le tir s'exécute d'une aile à l'autre, par la droite ou la gauche, selon la direction du vent.

Quand le but est difficile à voir, on peut, la pièce pointée, planter deux piquets dans le plan de tir, en avant ou, s'il le faut, en arrière, marquer le point où la ligne de mire rencontre le premier piquet et diriger la pièce sur ce point pour les coups suivants. Par un temps sombre, et quand le vent souffle vers le but, la vue est longtemps gênée; on gagne alors du temps par ce procédé plus commode toujours que le pointage sur un but éloigné.

Pour démonter les pièces, on emploie le tir de plein fouet quand on peut. Si elles sont abritées, il faut essayer

de détruire la masse couvrante en même temps que les pièces. Les fusées percutantes à effet non retardé n'ont pas un effet complet sur les parapets et les traverses qu'il est bon d'attaquer par le haut. De toute manière, les obus qui touchent bas et éclatent dans le coffre produisent peu de dégâts. Ceux qui traversent et éclatent au delà, avec une faible vitesse, ont un effet meurtrier contre le personnel.

Il faut connaître les écarts de la pièce pour déterminer le point qu'on doit chercher à atteindre. En pratique, la portée est bien réglée quand les coups se partagent également en courts et longs, et la direction est bonne quand il y en a autant à droite qu'à gauche. Il faut tenir compte de la dispersion pour décider du point à viser et vérifier, après coup, la portée et la direction. Par exemple, pour bombarder le terre-plein d'un ouvrage, ou en prendre d'enfilade certaines faces, le but sera en dedans de la crête, à une distance réglée sur l'écart de la pièce, de sorte qu'il y ait place dans l'ouvrage pour un nombre suffisant de coups courts et longs, à droite et à gauche.

Pour démonter une pièce en barbette ou sur affût de place, la crête intérieure est le meilleur but. Les coups longs peuvent toucher la pièce et les coups courts rencontrant le parapet à un point faible le traversent et peuvent atteindre l'affût.

Comme règle, on doit concentrer le tir des obus ordinaires sur une portion du but et déplacer successivement le point moyen; tandis qu'on doit chercher à répartir les shrapnels sur toute l'étendue du but.

L'obus ordinaire éclate au choc sur la maçonnerie, qu'il soit ou non armé d'une fusée, et ne fait que labourer le mur. Il est bon de tirer d'abord des obus lestés jusqu'à ce que l'escarpe soit assez entamée pour que les obus chargés pénètrent avant d'éclater.

Les éclats du shrapnel se dispersent en long plus qu'en large, aussi faut-il l'employer à battre un rempart d'enfilade ou obliquement plutôt que de front.

Avant de tirer des obus éclairants, il faudrait charger quelques officiers ou, à défaut, des hommes exercés, d'observer, avec de bonnes lunettes, pointées d'avance, chacun une partie désignée. Ces obus éclairent les ouvrages dans l'intérieur desquels ils tombent et brûlent; s'ils tombent en avant, ils sont inutiles.

Colonnes d'assaut.

Il est d'usage de placer, dans les colonnes d'assaut, des artilleurs chargés de mettre hors de service les canons ennemis dont on se rendra maître, ou, si l'occasion se présente, de les tourner contre l'assiégé. Les hommes doivent porter, dans ce but, des munitions et des outils. Si l'on a chance de se servir des canons, il faut des étoupilles, des tire-feu et des gargousses. Les calibres des pièces ennemies sont indiqués par les projectiles qu'elles ont logés dans les batteries, et on aura pu préparer des gargousses de forme convenable. On peut compter sur les obus qu'on trouvera près des pièces.

Il serait imprudent de réunir les tire-feu, étoupilles, ou autres agrès d'une même espèce, pour les donner à un ou deux hommes. Il faut tout répartir entre le plus grand nombre possible de servants. Chacun, s'il était possible, devrait avoir avec lui ce qu'il faut pour servir une pièce, de sorte que quelque faible que soit le détachement qui rencontre un canon il puisse l'utiliser aussitôt.

Les colonnes d'assaut se composant d'une ligne de tirailleurs, d'une seconde ligne et d'une réserve, la meilleure place pour le détachement d'artillerie est à la seconde ligne chargée d'occuper les ouvrages emportés et de s'opposer aux retours offensifs. Les canonniers se trouveront en tête après chaque progrès de l'attaque, et prêts à profiter de la première occasion d'utiliser les pièces conquises ou de les mettre hors de service.

Traduit et résumé par P. Dombre,
Capitaine d'artillerie.

RECHERCHES

SUR LA

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

PAR M. JENNY.

M. Jenny, membre du Conseil des mines, professeur à l'École supérieure technique de Vienne, a fait sur la résistance des matériaux des recherches dont il a consigné les résultats dans un ouvrage qu'il vient de publier [1], et dont nous donnons l'analyse suivante d'après les *Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Genie-Wesens*. (*N. d. l. R.*).

I. — MACHINES D'ESSAI ET INSTRUMENTS DE MESURE.

(PL. X.)

Nous distinguerons, parmi les instruments employés par M. Jenny :

1° Les machines d'essai proprement dites. Elles sont destinées à produire les forces extérieures qui doivent agir sur le solide essayé ;

2° Les appareils destinés à mesurer les effets produits, tels que flexion, allongement, rétrécissement, changement dans la section, etc.

1° Machines d'essai. — Ces machines peuvent toutes se ramener à deux types principaux : les unes sont des machines à vis et leviers, les autres sont des machines hydrauliques. L'emploi des leviers permet de mesurer des forces extrêmement considérables que le manomètre de la presse

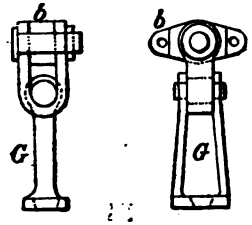
[1] *Festigkeits-Versuche und die dabei verwendeten Maschinen und Apparate an der k. k. technischen Hochschule in Wien.*

Le 1er fascicule, relatif aux métaux, a seul paru. Le 2e fascicule contiendra les résultats relatifs au bois et à la pierre.

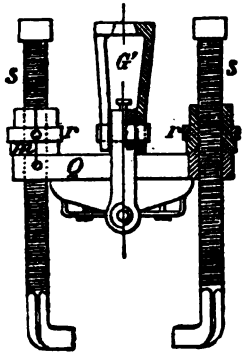
hydraulique ne peut accuser; de plus, on élimine, en les utilisant, la principale résistance de la machine, à savoir le frottement du piston contre les parois du cylindre.

Machine d'essai à vis et leviers (fig. 6). — Cette machine est destinée à produire des efforts de traction; on l'emploie pour mesurer le coefficient d'élasticité et la résistance à la traction, quand on approche de la limite d'élasticité et de la limite de rupture.

Le plus grand effort qu'elle puisse produire est de 15 000 kil., aussi ne l'emploie-t-on que pour des métaux peu résistants et pour des barres d'essai de faible épaisseur; on s'en sert également pour mesurer la résistance des courroies sans fin, des bandes de caoutchouc et des fils de fer.



Tout l'appareil est porté par un mur isolé du plancher de la salle où l'on opère. Sur ce mur est placée horizontalement une semelle AB formée de deux pièces de bois perpendiculaires en croix ; cette semelle supporte deux montants verticaux C à la partie supérieure desquels on a fixé deux plans d'acier *a* destinés à recevoir le couteau du levier H. Le petit bras du levier supporte deux guides T en fer sur lesquels on fixe une mâchoire G, au moyen de deux boulons d'acier passant à la fois dans le guide et dans la plaque *b* de la mâchoire, qui de cette manière se trouve fixée au petit bras du levier H.



Deux cordes *l*, enroulées sur deux poulies, permettent de mouvoir verticalement cette mâchoire supérieure.

Une mâchoire inférieure G' prend appui sous les montants par l'intermédiaire de deux fortes vis *s* recourbées à

leur partie inférieure. Ces deux vis sont reliées par une traverse Q qui peut s'abaisser lorsqu'on fait tourner les vis et exerce ainsi, sur la mâchoire G′, un effort vertical de haut en bas.

Les deux mâchoires, qui sont représentées ci-dessus, et dans lesquelles la barre d'essai est encastrée, sont du système Hook, de sorte que les résultantes de toutes les forces extérieures vont passer par les centres de gravité des sections transversales de la barre et sont, par conséquent, appliquées suivant son axe.

Quant à la façon dont on fixe la barre d'essai entre ces deux mâchoires G et G′, elle varie avec les métaux expérimentés. M. Jenny a imaginé un système d'attache pour chacun d'eux.

Le levier H porte à l'extrémité de son grand bras les deux plateaux w et W au moyen d'un couteau en acier f_2, qui repose sur la monture F_1. L'extrémité du petit bras du levier est disposée de telle façon qu'on puisse y placer des contre-poids J.

Le poids des guides T, de la mâchoire supérieure et de la masse J fait équilibre au poids du grand bras du levier et du petit plateau. On ne fait usage du grand plateau, capable de porter 750 kil., que dans des expériences où il est nécessaire d'employer de très-lourdes charges. On peut d'ailleurs, dans ce cas, lui faire équilibre au moyen d'un deuxième contre-poids J.

En recouvrant la semelle AB avec de la paille ou des bandes de caoutchouc, on amortit les percussions qui se produisent dans toute la machine au moment où le grand plateau retombe sur les soutiens.

Pour évaluer l'effort de traction que supporte la barre, on multiplie le poids placé dans le plateau w par le rapport inverse des bras de levier.

Si l'appareil est construit de manière que l'erreur commise en mesurant ces bras de levier ne dépasse pas 0,01 de leur longueur, le rapport de ces longueurs sera, dans

le cas le plus défavorable, exact à 0,02 près. Il en sera donc de même de l'effort de traction ainsi calculé.

Pour mesurer le coefficient d'élasticité, on trace, à l'aide d'un poinçon très-fin, deux sections transversales sur la barre d'essai, très-près de ses extrémités; c'est l'écartement de ces deux sections qui représente la longueur l de la barre. On mesure les allongements au moyen d'un cathétomètre installé sur un pilier en maçonnerie, isolé lui-même de la salle où l'on opère.

Soient Δl et Δl_1 les allongements d'une barre de longueur l et de section Ω sous l'action de poids P et P_1. Soit E le coefficient d'élasticité. On a.

$$E \frac{P_1 - P}{\Omega} \cdot \frac{l}{\Delta l_1 - \Delta l}.$$

Machine hydraulique avec vis et levier (fig. 1 à 5). — Cette machine a été construite par M. Werder, ancien directeur de l'usine Klett et Cie, à Nuremberg. Elle développe une force de 80 000 à 100 000 kilogrammes.

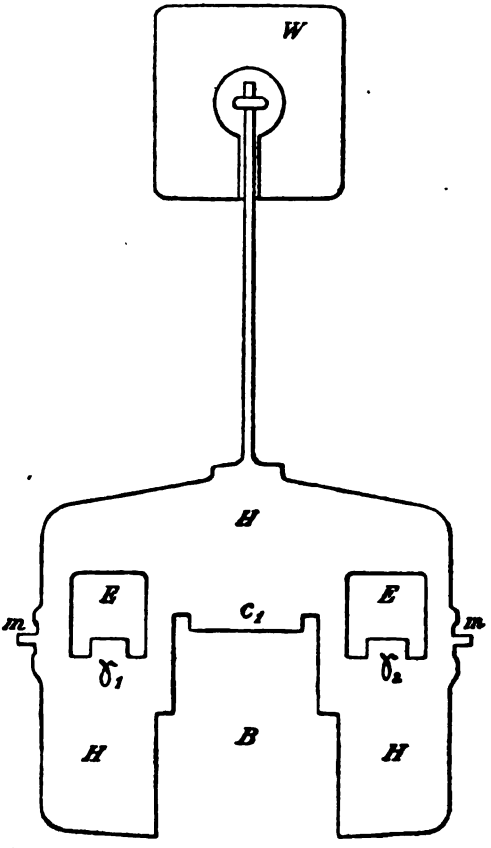
Elle se compose d'une presse hydraulique B, dont le piston C pousse devant lui le fléau H, qui porte un plateau W destiné à recevoir les poids servant à évaluer l'effort exercé par le piston. Le fléau communique cet effort aux barres verticales E_1 et E_2 qui le transmettent, par l'intermédiaire des tirants horizontaux S et S', à la pièce Q, qui sert à fixer l'une des extrémités de la barre d'essai.

La presse B est solidement fixée sur un châssis A dont on assure l'horizontalité au moyen des vis calantes f. Le piston C est garni d'une enveloppe de bronze; pour qu'il s'avance bien horizontalement, il est fixé à un chariot D qui se meut sur des rails triangulaires b. Deux potences a, fixées à l'extrémité antérieure du piston, sont percées chacune d'un œil dans lequel passe une barre cylindrique q. Cette barre horizontale supporte : 1° le fléau H, au moyen d'étriers h, sur lesquels reposent les deux couteaux extérieurs m du fléau. Les arêtes de ces couteaux passent par le centre de gravité du fléau.

2° Les barres verticales E_1 et E_2, au moyen d'étriers soutenus par les anneaux *s*. Ces barres E_1 et E_2 traversent le fléau.

On voit ainsi que le fléau et les pièces E_1 et E_2 ne sont pas fixés à la barre *q*, mais y sont seulement suspendus.

Le fléau, dont on voit ci-après la projection horizontale, se compose d'une lourde masse évidée en B pour faire place à la presse hydraulique, et en E pour le passage des barres E_1, E_2. Il se termine par un bras à l'extrémité duquel est suspendu le plateau W.



Le fléau porte cinq couteaux, y compris les deux extérieurs *m* destinés à le supporter.

Les étriers *h* sont disposés de manière que l'arête du couteau central c_1 soit exactement dans le plan horizontal passant par l'axe du piston; il prend appui sur un plan d'acier *c* fixé sur la partie antérieure de ce piston. Les couteaux intermédiaires γ_1 γ_2 ont leurs arêtes sur une même horizontale, un peu plus élevée que l'arête

du couteau central; ils prennent appui sur des plans d'acier $\gamma'_1 \gamma'_2$ fixés sur les barres verticales E_1 E_2.

Lorsqu'on manœuvre la pompe pour faire pénétrer le liquide dans la presse, le piston exerce une poussée horizontale sur le couteau c_1 du fléau, les deux couteaux γ_1 et γ_2 éprouvent de la part des pièces E_1 E_2 une résistance en sens inverse, et comme γ_1 et γ_2 sont plus élevés que c_1, les deux forces appliquées au fléau forment un couple qui tend à élever le plateau W. Le plateau ne redeviendra horizontal que si la résistance de E_1 et E_2 est vaincue par un poids suffisant qu'on placera sur W, et qui servira à évaluer la résistance qu'opposent E_1 et E_2.

Cette résistance est précisément la force de traction exercée sur la barre d'essai encastrée sur Q, puisque Q, E_1, E_2 sont invariablement reliés par les tirants S S'.

Les deux mâchoires d et d_1 servent à maintenir la barre d'essai, leurs axes sont dans le prolongement de l'axe du piston, et la mâchoire d_1 est mobile suivant cet axe. Cette disposition permet d'essayer des barres de différentes longueurs. Supposons l'expérience en train; la résistance de la barre d'essai soulève le fléau qui porte le plateau W. Soit P la valeur de cette résistance, p la distance verticale des deux couteaux γ_1 et γ_2 au couteau c_1; le moment élastique est Pp. Soit Q le poids qui, placé sur le plateau, ramène l'équilibre et q son bras de levier; on a :

$$Pp = Qq$$

et, en appelant u le rapport $\frac{q}{p}$, il vient

$$P = uQ.$$

Nous n'avons pas à tenir compte des résistances passives de la machine.

Dans la machine construite par M. Jenny

$$p = 2^{mm},5 \qquad q = 1\,250^{mm} \qquad u = 500$$

On voit que pour arriver à une approximation de $\frac{1}{100}$

sur le rapport des bras de leviers q et p, les erreurs commises dans la mesure de ces derniers devraient être inférieures à $2^{mm},5$ pour le premier, et $0^{mm},005$ pour le second. Or, une telle précision dans la mesure de p ne peut être obtenue par les procédés ordinaires. Aussi a-t-on ajouté à la machine le fléau de contrôle K (fig. 1), disposé d'une manière analogue au fléau H. Les deux rails D portent chacun sur leur face extérieure un plan d'acier n; sur la pièce Q, et de chaque côté de sa face antérieure, se trouve un plan analogue n_1; les couteaux k_1 et k_2 s'appuient par leur arête sur ces plans; le fléau K porte à son extrémité z un plateau w. En plaçant des poids sur w, on exerce en k_2 une poussée sur les prismes n_1. On a :

$$k_1k_2 = p_1 = 35^{mm}.$$
$$k_2z = q_1 = 350^{mm}.$$
$$u_1 = \frac{q_1}{p_1} = 10.$$

Alors une erreur de $\frac{1}{100}$ dans la mesure de p_1 donne $0^{mm},07$ et dans celle de q_1, $0^{mm},7$.

En comparant les erreurs permises dans les mesures de p et de p_1, on voit que la seconde peut être 14 fois plus grande que la première. L'opération se trouve ainsi simplifiée. Mais il faut commencer par s'assurer que les couteaux c_1, γ_1 et γ_2 sont exactement parallèles, et que γ_1 et γ_2 sont en ligne droite. On se sert, à cet effet, d'un coin en acier que l'on manœuvre à l'aide de vis. On place ensuite sur le plateau du fléau de contrôle et sur celui du fléau principal des poids dont le rapport est égal à

$$\frac{u}{u_1} = \frac{500}{10} = \frac{50}{1}.$$

La machine doit être à ce moment en parfait état d'équilibre. On s'en assure au moyen d'un niveau à bulle d'air installé sur la face supérieure du fléau principal.

Pour les recherches relatives à la résistance à la compression, on place (fig. 5) les barres d'essai entre la face

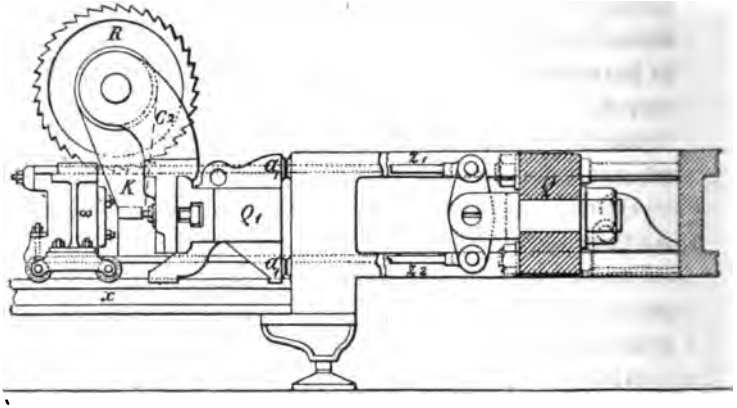
antérieure de la pièce Q et la face postérieure de la presse. A cet effet, on fixe à la pièce Q, au moyen d'un boulon, un plateau P. De même, on place en arrière de la presse un plateau P_1 qui s'emboîte par un renfort sphérique dans le bloc L appliqué sur la face postérieure du cylindre de la presse B.

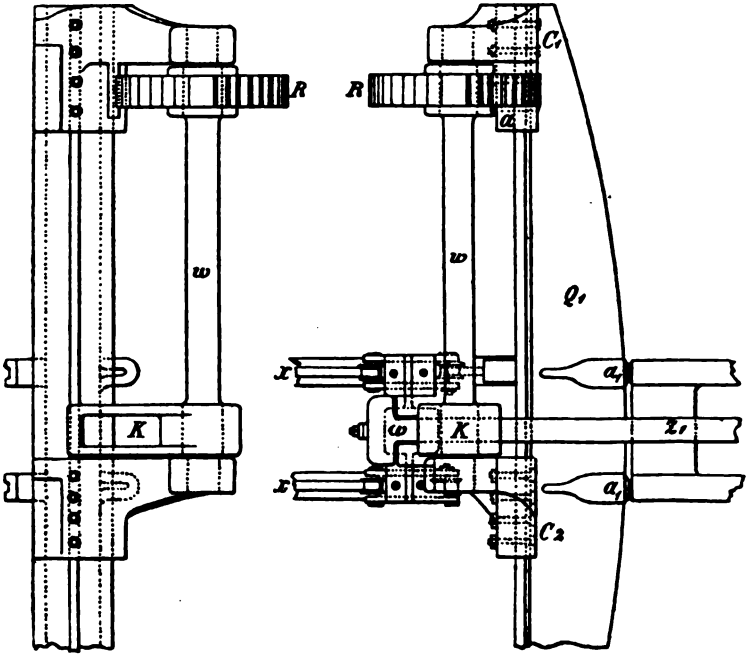
Grâce à ce dispositif, la résultante des forces de pression passe toujours par l'axe de la barre d'essai, qui est elle-même cylindrique ou prismatique. Enfin, pour mettre exactement l'axe de cette barre dans l'axe de la machine, on a gravé sur les faces, en regard de P et de P_1, des petits cercles concentriques et distants les uns des autres de 1 centimètre. La ligne qui joint leurs centres se confond avec l'axe du piston.

Pour les recherches sur la flexion on dispose l'appareil de la manière suivante (fig. 2) : un support creux Q_1, de section parabolique, s'appuie contre le châssis de la machine aux quatre points a_1. Sa partie plane est munie d'une voie β, qui la traverse dans toute sa longueur, et d'une rainure ν, où sont fixés les boulons taraudés de plusieurs autres supports T ; ceux de ces supports qui servent à maintenir la lame d'essai sont assujettis à ces boulons et peuvent être transportés en un point quelconque de la voie. L'arête supérieure de Q_1 est pourvue d'une graduation. Un wagon monté sur quatre roues et muni d'un couteau dirigé vers la lame d'essai se meut le long de la voie x de la machine ; le mouvement de ce wagon est déterminé par le piston et lui est transmis par l'intermédiaire de la pièce Q. On peut obtenir de la sorte un moment variant de 66 000 à 75 000 kgm.

Quand on veut étudier la résistance d'un métal à la torsion, on dispose la machine comme l'indique la figure de la page suivante, la lame d'essai est cylindrique et on la termine par des tenons et des épaulements de dimensions déterminées. La partie comprise entre les deux tenons doit être parfaitement cylindrique ; le passage de cette partie plus

faible aux tenons est habilement ménagé, de façon que la rupture de la lame se produise vers son milieu. Pour le





fer forgé, la partie moyenne de la barre ne dépasse pas 120^{mm} ; pour l'acier, 100^{mm} ; si elle n'a pas 80^{mm} de longueur, il est impossible d'obtenir une transition assez douce ; on donne alors aux boulons, de même largeur que la barre elle-même, le diamètre nécessaire au moyen d'anneaux.

La barre est maintenue par deux potences C_1 et C_2, vissées au support fixe Q_1.

Une roue à rochet R est calée sur l'une des extrémités de la barre, le levier K est calé sur l'autre extrémité.

Un wagon ω, mis en communication avec la pièce Q par les tirants z_1 z_2, roule sur des rails x, et porte un plan d'acier qui vient prendre appui sur le levier K.

Si le piston de la presse se met en mouvement, le wagon ω pousse devant lui le levier K, et tord la barre pendant qu'il soulève le fléau principal H.

En plaçant des poids sur le plateau du fléau H, on peut donc évaluer la pression P que le plan d'acier du wagon ω exerce sur l'extrémité du levier. La distance K du point d'application de cette force à l'axe de la lame est égale à $0^m,5$, on en déduit le moment PK.

Mais il y a des limites que l'appareil même ne permet pas de dépasser ; ainsi le poids maximum que peut supporter le plateau du fléau principal H est de 48 kil. On a vu que, lorsqu'on atteint cette limite, l'effort exercé par le piston de la presse est :

$$P_{max} = 40500 = 20000 \text{ kil.}$$

D'où il suit que le moment de cet effort sur la barre est :

$$P \,.\, K = 20000 \,.\, 0{,}5 = 10000 \text{ kil.}$$

Le moment de flexion est si faible par rapport au moment de torsion, qu'on peut n'en tenir aucun compte, puisque l'expérience est faite en vue de la torsion seule.

2° **Mesure des déformations.** — Pour mesurer les allongements, M. Jenny s'est servi d'un appareil optique, construit à Vienne par la maison Kammerer ; c'est le ténomètre.

On commence par marquer les sections extrêmes de la barre d'essai et par mesurer la distance qui les sépare.

A cet effet, on emploie un appareil composé d'une règle graduée *m* et d'un vernier *n* (fig. 9), la règle et le vernier portent vers l'extrémité, des repères μ, d'une largeur égale à $0^{mm},1$, marqués en noir sur une plaque d'argent. La graduation de la règle et du vernier permet de faire les lectures à $0^{mm},02$ près. Les boîtes H servent à relier les règles *m* et *n* à la barre d'essai ; elles sont munies d'un écrou dans lequel pénètre une vis munie d'un poinçon. On installe l'appareil de telle sorte que l'une des vis *s* se trouve à hauteur de l'origine du vernier ; on trace alors avec chacune des vis une section sur la barre d'essai. Les règles sont reliées à la barre de telle sorte que, sous l'influence de la traction, les repères μ se déplacent avec le point de la barre auquel ils sont fixés.

Le ténomètre (fig. 7 et 8) est un instrument destiné à évaluer les déplacements des repères μ. Il se compose essentiellement de deux microscopes F_1 F_2 supportés par un appareil disposé de façon à pouvoir amener les microscopes au-dessus des repères.

Cet appareil comprend :

1° Un trépied A qu'on peut disposer horizontalement au moyen de vis calantes *a* au-dessus de la barre soumise à la traction ;

2° Une règle B portant les deux microscopes, qui sont mus sur cette règle par les vis micrométriques b_1 b_2.

La règle B peut être soumise à trois mouvements dans le plan horizontal : un mouvement de rotation autour de l'axe de l'appareil, un mouvement de translation dans le sens même de sa longueur, un mouvement de translation perpendiculaire au précédent.

Le premier de ces mouvements est donné par un collier C pouvant tourner autour du boulon N situé au centre du trépied. Ce collier porte un appendice muni d'un œil au travers duquel passe une réglette verticale [illegible] des pieds A de l'appareil. Deux vis à pointes mousses c_1 c_2 permettent de caler le collier sur cette réglette [illegible] a donné un mouvement de rotation suffisant.

La translation dans le sens de la longueur de la [illegible] est obtenue au moyen d'un chariot D, mû par une [illegible] fixée sur le collier C de manière à tourner sur elle-même sans avancer. Elle s'engage dans un écrou du chariot [illegible] lorsqu'on tourne la manivelle r, ce chariot se meut sur les guides que porte le collier C.

Le mouvement de translation dans le sens perpendiculaire à la règle B est donné au moyen d'un chariot E [illegible] logue au précédent et mû par la vis e.

Les deux microscopes sont munis d'un oculaire [illegible] et d'un objectif composé de deux lentilles [illegible] contenues dans un tube séparé, de manière [illegible] faire varier la distance de l'objectif au réticule [illegible] de F_1 et F_2 se composent de trois fils, deux [illegible] et le troisième perpendiculaire aux deux autres [illegible] le microscope F_2 est armé d'une vis micrométrique [illegible] permet de déplacer le réticule et qui est munie [illegible] bour permettant de compter les fractions [illegible] vis, dont le pas est de $0^{mm},3$.

Le grossissement est tel qu'un déplacement [illegible] réticule correspond à un déplacement [illegible] qu'on observe. Or, comme le tambour [illegible] en 100 parties et qu'il est muni d'un [illegible] on peut donc évaluer le millième de millimètre [illegible] déplacement de l'objet observé.

Marche de l'expérience. — On doit [illegible] comme nous l'avons dit, avec la règle [illegible] prise entre les deux repères μ; cette mesure [illegible] à $0^{mm},1$ près.

C'est la variation de cette longueur qu'il importe de connaître avec une plus grande approximation et que le ténomètre donnera à $0^{mm},001$ près.

Le ténomètre étant placé d'aplomb au-dessus de la barre d'essai de manière que les traits μ soient coupés en deux, suivant leur longueur, par les fils des réticules F_1 et F_2, on exerce sur la barre d'essai un certain effort de traction. Les deux repères μ se déplacent, on fait alors mouvoir le chariot D de manière que le fil de F_1 revienne sur le premier repère. Puis on déplace le réticule de F_2 au moyen de la vis M, jusqu'à ce que le fil revienne sur l'autre repère. La variation de la longueur comprise entre les deux repères sera donnée par le micromètre M.

II. — RÉSUMÉ DES EXPÉRIENCES.

Les expériences faites ont démontré que les métaux obéissent, au-dessous de la limite d'élasticité, à la loi

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{E}\frac{P}{\Omega}$$

où Δl représente l'allongement de la lame, l sa longueur initiale, Ω la section, P la force de traction à laquelle la lame a été soumise et E le coefficient d'élasticité.

En posant

$$\frac{P}{\Omega} = S$$

S représente la force de traction exercée sur l'unité de surface de la lame et l'on a :

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{S}{E}$$

ou :

$$E = \frac{l}{\Delta l} S.$$

On est convenu d'appeler *tension spécifique* la quantité S.

Dans cette formule, le coefficient d'élasticité et la tension spécifique sont exprimés dans le même système numérique.

En supposant $S = 1$ on a :

$$E = \frac{1}{\left(\frac{\Delta l}{l}\right)}.$$

On doit apporter un soin particulier à la mesure de ce coefficient ; il entre dans le calcul de toutes les déformations qui se produisent avant qu'on ait atteint la limite d'élasticité. Aux approches de cette limite, la loi cesse d'être vraie. M. Jenny a admis que la limite d'élasticité était atteinte quand la lame d'essai subissait un allongement permanent de 0,0001.

Toute erreur commise dans la mesure de Δl a une grande influence sur l'exactitude de la détermination de E. On a, en effet :

$$dE = -\frac{l.d(\Delta l)}{(\Delta l)^2} S$$

ou :

$$dE = -\frac{d(\Delta l)}{\Delta l} E. \qquad (1)$$

Les erreurs commises sont donc proportionnelles aux erreurs $d(\Delta l)$ commises dans la mesure de Δl, et elles sont d'autant plus grandes que le coefficient d'élasticité est lui-même plus grand.

En remplaçant dans l'équation (1) Δl par sa valeur

$$\Delta l = \frac{lS}{E}$$

on a :

$$dE = -\frac{d(\Delta l)}{\left(\frac{1}{E}\right)\frac{P}{\Omega}\,l} E = -\frac{E^2}{S}.\frac{d(\Delta l)}{l}.$$

On voit donc que, pour les corps dont le coefficient d'élasticité est élevé, il faudra choisir des lames d'essai de grande longueur et exercer une forte pression P.

Une remarque de M. Jenny nous fait voir qu'il est difficile, même dans les circonstances les plus favorables, de déterminer, à un centième près, la valeur du coefficient d'élasticité du fer et de l'acier; nous supposons que les poids sont exprimés en kilogrammes et les longueurs en millimètres.

Quand on dépasse la limite d'élasticité en soumettant la lame d'essai à un certain poids et qu'on enlève ensuite ce poids, on constate que, pour le fer, l'acier, le cuivre, le bronze, etc., etc., cette limite d'élasticité est reculée, et d'autant plus que l'expérience est répétée avec des poids plus forts. On obtient ainsi le même résultat que lorsqu'on travaille le métal au marteau ou à la presse. Cependant le coefficient d'élasticité conserve une valeur sensiblement constante. En effet, si l'on enlève tous les poids pour les replacer ensuite, c'est-à-dire si l'on ramène la pression exercée par le piston sur la lame à 0, et si l'on recommence l'expérience aussitôt après, on trouve pour le coefficient d'élasticité une valeur égale ou très-peu inférieure à celle que l'on a obtenue précédemment.

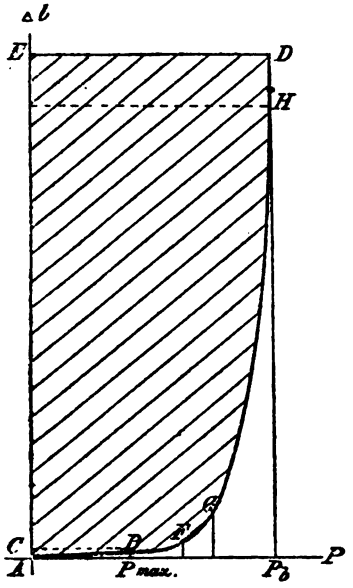
M. Jenny a constaté ainsi que, jusqu'à la limite de rupture, des forces égales déterminent un égal allongement de la lame. De plus, la résistance à la rupture n'est pas modifiée par cette élévation de la limite d'élasticité; on en peut conclure que ces deux limites ne dépendent nullement l'une de l'autre.

On peut représenter géométriquement la loi d'élasticité d'un métal. Prenons les forces de traction pour abscisses, les allongements pour ordonnées. Jusqu'à la limite d'élasticité, on a une droite AB dont l'équation est donnée par la loi

$$\Delta l = l \cdot \frac{S}{E}.$$

La portion BF est légèrement curviligne, et la portion FG à peu près parabolique, surtout pour le fer et pour l'acier. Au delà du point G, la courbe se rapproche d'une

parallèle à l'axe des Δl et les ordonnées croissent très rapidement. Pour quelques métaux, la courbe [illegible] deux points d'inflexion [illegible] environ [illegible]



La [illegible] présent [illegible] faut [illegible] la co[illegible] talliq[illegible]

Cette [illegible] être [illegible] genre [illegible]

[illegible]

d'où [illegible]

[illegible] est [illegible]

et le travail total pour un allongement [illegible]

$$A = \int_0^{\Delta l} P dx \frac{E\Omega}{l} \int_0^{\Delta l} x dx = [illegible]$$

$$A = \frac{1}{2} E\Omega l \Delta l [illegible]$$

Or, on a :

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{P}{E}$$

d'où, en substituant dans l'équation [illegible]

$$A = \frac{1}{2} \Omega l [illegible]$$

Le travail nécessaire est donc proportionnel [illegible] Ωl de la lame ; il est inversement [illegible] cient d'élasticité.

Le travail maximum est pro[illegible] limite d'élasticité. On a alors :

$$S = F_0$$

On en tire :

$$A_{max} \frac{1}{2} \Omega l \frac{F_e^2}{E} = \frac{1}{2} \Omega F_e (\Delta l)_{max} ;$$

mais on a :

$$\Omega F_e = P_{max} ,$$

d'où :

$$A_{max} = \frac{1}{2} P_{max} (\Delta l)_{max} .$$

En rapportant ce travail à l'unité de volume, il faut supposer $\Omega l = 1$.

On a alors, en désignant ce travail par A' :

$$A' = \frac{F_e}{2} \left(\frac{\Delta l}{l}\right)_{max} = \frac{P'_{max}}{2} (\Delta l)_{max} .$$

P'_{max} étant l'effort du piston sur l'unité de surface, A' porte le nom de *coefficient de travail.*

Nous avons pris pour unités de poids et de longueur le kilogramme et le millimètre, le coefficient de travail représente donc le travail nécessaire pour amener 1 millimètre cube de métal à la limite d'élasticité.

Le travail produit est égal au produit de la masse m par la moitié du carré de la vitesse v; l'influence de chacun de ces facteurs sur le résultat définitif n'a pas encore été suffisamment étudié. Mais il y a une limite de v qu'il ne faut pas dépasser, car la transmission de l'effet exige toujours un certain temps, et il devient alors difficile d'apprécier les variations de longueur de la lame.

Si nous menons par le point B une parallèle à l'axe des x, nous formons un triangle ABC dont la surface est proportionnelle au travail nécessaire pour amener la lame jusqu'à la limite d'élasticité. La surface du polygone CBDE est proportionnelle au travail nécessaire pour déterminer la rupture. On ne peut pas évaluer par le calcul cette dernière surface; on l'évalue directement sur le papier et on l'appelle *excédant de travail.*

Le travail total, et, en particulier, l'excédant de travail,

est beaucoup plus grand pour les métaux doux que pour les métaux durs et homogènes.

On constate encore qu'en élevant par des procédés mécaniques la limite d'élasticité, la surface proportionnelle à l'excédant de travail devient de plus en plus faible.

Les métaux très-homogènes présentent, en outre d'un excédant de travail considérable, des allongements importants et de fortes contractions latérales; les aciers doux ont d'ailleurs les mêmes propriétés.

La formule

$$\Delta l = \frac{l}{E} \cdot \frac{P}{\Omega}$$

prouve que la section de la lame d'essai est d'une très-grande importance dans les expériences. Plus elle sera petite, plus l'allongement sera considérable; il y a cependant une limite qu'on ne saurait dépasser. La limite supérieure est donnée par la disposition de la machine elle-même; quant à la limite inférieure, on la fixe à l'aide des considérations suivantes : si la lame est trop mince, un défaut d'homogénéité dans une de ses parties ou un manque de régularité dans ses formes géométriques peuvent fausser considérablement les résultats; de plus, il est très-difficile de découper une lame mince dans une grande masse métallique sans produire des changements moléculaires qui altèrent la densité, non-seulement de la face extérieure de la lame, mais encore des couches voisines de cette face.

En examinant avec attention les sections de rupture et les faces extérieures de la lame d'essai, on arrive à connaître assez exactement la structure intérieure de cette lame. La rupture a d'ailleurs lieu, en général, dans la portion la plus faible de la lame et suivant la section de moindre résistance; on y découvre donc les soufflures, les alliages, etc.

Le coefficient d'élasticité des pierres ne paraît pas avoir une valeur constante. Il varie non-seulement avec [illegible]

espèce de pierre, mais même dans chaque cas particulier. La limite d'élasticité y est également variable, mais elle est toujours très-voisine de la limite de rupture.

On a constaté, en essayant les métaux durs et les bois tendres sous la forme de lames cylindriques ou prismatiques, que la rupture a toujours lieu suivant une section oblique à l'axe de la lame.

Avant de passer en revue les expériences faites par M. Jenny sur chaque métal en particulier, nous allons résumer la marche qu'il a suivie dans ses études, en prenant pour exemple une lame de fer forgé qui porte le n° 913.

Cette lame avait été envoyée à M. Jenny par le directeur des chemins de fer autrichiens; elle était destinée à la fabrication de pioches et était elle-même le résultat de la refonte de vieilles haches.

Voici le tableau complet dressé par M. Jenny :

Lame d'essai n° 913.

Mesure de la section initiale :

$$a = 40^{mm},14.$$
$$b = 10^{mm},27.$$
$$\Omega = 412^{mmq},34.$$

Distance des repères μ : $l = 620^{mm},02$.

TABLEAU.

N° DES ESSAIS.	PRESSION exercée en tonnes métriques.	LECTURE du microscope en pas de vis.	LECTURE du vernier en millimètres	ALLONGEMENT Δl en millimètres	OBSERVATIONS.
1	0,0	0,000	620,02	0,0	Température de l'air ambiant. . . . 18°7c
2	1,0	0,681	»	0,0681	Poids spécifique du métal. . . 7,769
3	2,0	1,374	»	0,0693	Pas de la vis micrométrique. . 0mm,1
4	3,0	2,069	»	0,0695	
5	4,0	2,753	»	0,0684	
6	5,0	3,449	»	0,0696	
7	6,0	4,134	»	0,0685	
8	0,0	0,452	»	0,0452	
9	1,0	1,141	»	0,0689	
10	2,0	1,841	»	0,0700	
11	3,0	2,545	»	0,0704	
12	4,0	3,237	»	0,0692	
13	5,0	3,940	»	0,0703	
14	6,0	4,634	»	0,0694	
15	6,5	4,983	»	0,0349	
16	6,8	5,182	»	0,0199	
17	7,0	5,379	»	0,0197	
18	8,0	6,214	»	0,0835	
19	9,0	7,278	»	0,1064	
20	10,0	8,590	620,88	1,1312	
21	11,0	—	622,69	1,81	
22	12,0	—	631,05	8,36	
23	13,0	—	643,11	7,86	
24	14,0	—	649,35	6,24	

Les essais 2, 3, 4, 5, 6, 7 donnent pour l'allongement Δl par tonne métrique la valeur moyenne :

$$\Delta l_1 = \frac{\Sigma(\Delta l)}{6} = \frac{0,4134}{6} = 0^{mm},0689.$$

L'allongement permanent, constaté au moment où l'on a entrepris l'essai n° 8, a pour valeur :

$$\frac{0,0452}{620,02} = 0,000072.$$

La limite d'élasticité n'est donc pas encore dépassée.

On a dépassé cette limite quand on a passé de la pression 6,8 à la pression 7.

On a donc :

$$P_e = 6.8.$$

P_e étant la charge maximum.

Les essais 9, 10, 11, 12, 13 et 14 donnent pour Δl la valeur :

$$\Delta l_2 = \frac{\Sigma(\Delta l)}{6} = \frac{0,4182}{6} = 0^{mm},0697.$$

On a alors :

$$\Delta l = \frac{\Delta l_1 + \Delta l_2}{2} = 0^{mm},0693.$$

On remarquera que l'allongement Δl saute brusquement de la valeur 1,81 à la valeur 8,36 quand la pression passe de 11 à 12 tonnes.

La charge de rupture P_b est de 17 tonnes.

Mesure de la section de la lame après l'expérience :

$$a_1 = 32^{mm},6.$$
$$b_1 = 7^{mm},9.$$
$$\Omega_1 = 257^{mmq},54.$$

La distance des repères μ est $l_1 = 718^{mm},60$.

L'allongement total de la lame est donc :

$$\Delta l_1 = l_1 - l = 98^{mm},58.$$

On a alors pour E la valeur :

$$E = \frac{P}{\Omega}\frac{l}{\Delta l} = 21700 \text{ kil.}$$

La résistance F_e à la traction est donnée par la formule :

$$F_e = \frac{P_e}{\Omega} = 16^k,5.$$

La résistance à la rupture :

$$F_b = \frac{P_b}{\Omega} = 41^k,24.$$

L'allongement maximum est donné par la formule :

$$\left(\frac{\Delta l}{l}\right)_{max} = \frac{1}{E} F_e = 0,00076.$$
$$\Delta l_{max} = 0^{mm},471.$$

Enfin, on a pour le travail développé jusqu'à la limite d'élasticité :

$$A_e = \frac{1}{2} F_e \left(\frac{\Delta l}{l}\right)_{max} = 0^k,006268.$$

L'excédant de travail, mesuré sur le diagramme figurant la marche de l'expérience, a été trouvé égal à $5^{kgmm},83$.

Résultat de diverses expériences. — Nous allons maintenant résumer les expériences de M. Jenny sur différentes matières :

1° *Fils de fer.* — On a essayé des fils de fer autrichiens qui avaient un diamètre variant entre $1^{mm},323$ et $2^{mm},053$ et des fils étrangers, fournis par la maison Felten et Guilleaume, de Cologne, qui avaient un diamètre variant de $1^{mm},600$ à $2^{mm},509$.

Fils autrichiens : la limite d'élasticité va en croissant à mesure que le diamètre diminue; la résistance varie de 65 à 70 kil. A mesure que le diamètre augmente, la résistance à la rupture baisse de 175 à 105 kil.

Fils étrangers : la résistance à la rupture croît avec le diamètre de 104 à 141 kil. et baisse ensuite jusqu'à 133 kil. Ces fils sont plus résistants que les fils autrichiens. Leur résistance est plus grande vers la face extérieure qu'aux environs de l'axe.

La force de résistance d'un fil de fer dont le diamètre est δ^{mm} est donnée par la formule :

$$T = a\delta^2 + b\delta,$$

a et b étant des constantes.

On a trouvé pour les fils autrichiens :

$$\left.\begin{array}{l} a = 16,63 \\ b = 148,7 \end{array}\right\}$$

et pour les fils étrangers :

$$\left.\begin{array}{l} a = 94,53 \\ b = 22,37 \end{array}\right\}$$

On en conclut que, pour les premiers, l'in[illegible] circonférence du fil $\pi\delta$ est supérieure à l'in[illegible] tion $\pi\frac{\delta^2}{4}$; l'inverse a lieu pour les seconds.

2° *Cordes en fils de fer.* — Les cordes [illegible] riences se composaient de 6 torons [illegible]

chanvre. Chacun de ces torons était formé de 6 fils de $0^{mm},847$ de diamètre roulés sur un fil central de 1^{mm} de diamètre. La corde avait les dimensions suivantes :

Diamètre : $8^{mm},21$.

Surface de la section : 25^{mmq}.

Après 23 expériences, on a trouvé :

$$E = 7\,700 \text{ kil.}$$

La limite d'élasticité fut atteinte sous l'influence d'une charge égale à 850 kil., et la limite de rupture par un poids de 1 400 kil. Cette corde était destinée à supporter des poids de 400 à 450 kil.

Une autre corde formée par 6 torons contenant chacun 19 fils de $0^{mm},467$ de diamètre a donné les résultats suivants :

Limite d'élasticité : 840 kil.

Limite de rupture : 1 582 kil.

Diamètre de la corde : $8^{mm},144$.

Surface de la section : $19^{mmq},53$.

Cette deuxième corde était moins épaisse que la première, mais, composée d'un plus grand nombre de fils, elle a donné de meilleurs résultats.

3° *Chaînes en fer.* — Une chaîne en service, dont le diamètre est égal à 10^{mm}, se rompt sous une charge de 3 050 kil. En admettant que cette chaîne soit capable de porter couramment un poids de 625 kil., on obtient la formule empirique :

$$Q = 6,25\, d^2$$

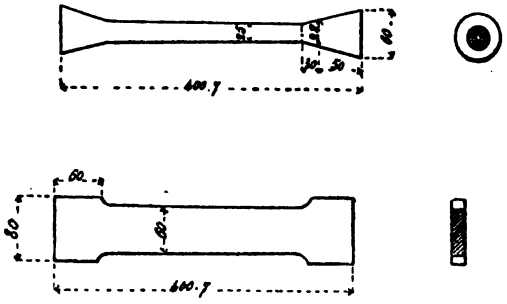
ou :

$$d = 0,4 \sqrt{Q}$$

où Q représente la charge en kilogrammes et d le diamètre de la chaîne en millimètres. Il ne faut pas oublier que les parties courbes des anneaux sont plus faibles que les autres.

4° *Tôle de fer.* — On a donné aux barres d'essai, pour les diverses expériences que nous allons résumer, les formes indiquées dans la figure suivante :

Pour le fer laminé, on a étudié la résistance de barres coupées parallèlement à l'axe du cylindre, et celle d'autres barres coupées dans une direction oblique ou perpendiculaire ; les tôles sont d'autant meilleures que les résul-



tats obtenus dans l'un et l'autre cas sont plus semblables. Les tôles de la fabrique de locomotives Mariazeller sont de qualité supérieure. Des expériences faites avec des échantillons de 1re et de 2e qualité ont conduit aux résultats :

$$F_b = 39^k,4. \qquad \alpha = 0,33$$
$$F_b' = 38\ ,7. \qquad \alpha' = 0,28$$

F_b représentant la résistance à la rupture et α le rapport $\frac{\Omega - \Omega_1}{\Omega}$ d'une lame coupée parallèlement à l'axe du cylindre lamineur ; F_b' et α' les coefficients analogues d'une lame coupée perpendiculairement à cet axe.

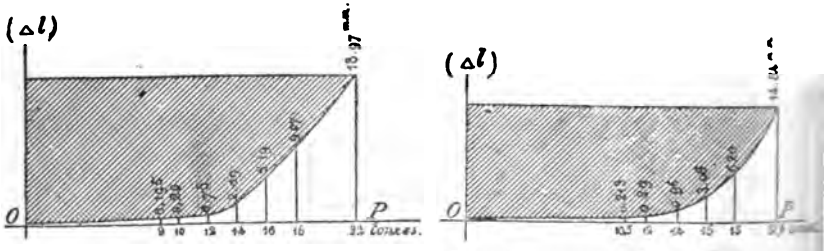
Les tôles que l'usine Pichling fabrique pour les ponts ont donné les résultats suivants :

$$E = 21^k,600.$$
$$F_b = 39\ ,5.$$
$$\alpha = 0\ ,41.$$
$$A_e = 0^{kgm},00523$$
$$A_b = 8^{kgm},16.$$

Les tôles de France ont une texture un peu grenue ; leur limite d'élasticité n'est guère plus reculée que celle des tôles autrichiennes, mais leur coefficient d'élasticité est plus élevé. Elles sont donc un peu moins élastiques.

On a fait des expériences tout à fait curieuses sur une lame coupée dans la tôle d'une chaudière de locomotive.

Cette locomotive était en usage depuis 1857 ; sortie des ateliers de la maison Maffei, de Munich, elle marchait à 7 atmosphères. La tôle de la chaudière dut être remplacée au bout de 19 ans. On peut constater que cette tôle était toujours dans de bonnes conditions, et que les valeurs de



la résistance à la traction et de la résistance à la rupture avaient à peine varié. En mesurant les quantités de travail, on a vu que la pression souvent trop forte de la vapeur avait déterminé, dans l'intérieur même du métal, la production d'allongements permanents.

Voici la représentation graphique des expériences faites sur deux lames coupées dans les tôles de la maison Neuberger.

N° 1313. LAME COUPÉE PARALLÈLEMENT à l'axe du laminoir.	N° 1315. LAME COUPÉE OBLIQUEMENT à l'axe du laminoir.
Fig. *c*.	Fig. *d*.
$\Omega = 660^{mmq},00$ $l = 230^{mm},03$.	$\Omega = 648^{mmq},00$. $l = 250^{mm},16$.
$E = 17,700$ $F_e = 13,63$.	$E = 19,000$ $F_e = 16,20$.
$F_b = 33,33$.	$F_b = 33,18$.
$\left(\frac{\Delta l}{l}\right)_{max} = 0,00077$ $\left(\frac{\Delta l_1}{l}\right) = 0,076$.	$\left(\frac{\Delta l}{l}\right)_{max} = 0,00085$ $\left(\frac{\Delta l_1}{l}\right) = 0,059$.
$\frac{\Omega - \Omega_1}{\Omega} = 0,106$.	$\frac{\Omega - \Omega_1}{\Omega} =$ indéterminé.
$A_e = 0,00525$ $A_b = 1,970$.	$A_e = 0,00691$ $A_b = 1,573$.

Dans le premier cas, la rupture a eu lieu normalement à l'axe de la lame et en son milieu ; dans le second cas, cette rupture s'est produite en partie sur une section transversale, en partie sur une section longitudinale.

Les expériences faites sur le fer forgé et sur le fer laminé ont montré combien grande est l'influence du travail mécanique sur la résistance de ces métaux.

Le laminage à froid augmente cette résistance dans une proportion considérable.

Les fers exposés à Philadelphie, en 1876, par la maison Jones, de Pittsburg, avaient gagné 50 p. 100 en résistance par l'emploi de ce procédé. M. Jenny donne les deux résultats suivants :

Fer puddlé.	$F_b = 39,14$	(1)
Fer naturel.	$F_b' = 35,75$	
Fer puddlé.	$F_b = 58,38$	(2)
Fer naturel.	$F_b' = 69,70$	

Les résultats (1) ont été obtenus après un laminage à chaud, et les résultats (2) après un laminage à froid.

Les livraisons ultérieures de l'ouvrage entrepris par M. Jenny nous donneront de précieuses et utiles indications sur les autres métaux.

Traduit et résumé par C. Leser,

Lieutenant d'artillerie.

PROGRÈS

DE LA

DÉPHOSPHORATION

DES FONTES ET DES ACIERS [1].

M. Gautier (Ferdinand), membre de la Société des Ingénieurs civils, a communiqué à cette Société deux notes fort intéressantes sur des *Essais de déphosphoration*. La question métallurgique est d'une telle importance en artillerie, que nous avons cru devoir reproduire littéralement les Mémoires de M. Gautier, ainsi que les observations auxquelles ses lectures ont donné lieu. (*N. de la R.*)

Première communication de M. Gautier [2].

La *déphosphoration* est un problème de grande importance en métallurgie.

A la dose de *un pour cent*, le phosphore communique à la fonte une grande fusibilité, précieuse dans la fonderie sans doute, mais accompagnée, malheureusement, d'une fragilité non moins grande.

Un demi pour cent rend le fer plus malléable à chaud, plus facile à souder ; mais le nerf du métal est remplacé par un grain plat, sans aucune résistance.

Dans l'acier moyennement carburé, *un millième* seulement rend le laminage impossible, empêche la trempe, donne un métal cassant et impropre à tout usage.

Je n'insisterai pas sur ces inconvénients du phosphore, ils sont connus de vous tous, il me suffira de les rappeler en passant.

Malheureusement, le phosphore est très-commun dans les minerais de fer. Les plus abondants sont les plus pau-

(1) *Mémoires et compte rendu des travaux de la Société des Ingénieurs civils.*
(2) Séance du 4 juillet 1879.

vres, mais ce sont aussi les plus phosphoreux. Ces minerais sont caractérisés en général par un *demi pour cent de phosphore accompagnant environ trente pour cent de fer.* Il en résulte des fontes qui renferment de $^1/_8$ à 2 p. 100 de phosphore.

Dans les minerais, le phosphore est généralement à l'état de phosphate de chaux ou d'alumine. Ces phosphates sont indécomposables par la chaleur, irréductibles par le charbon ou l'oxyde de carbone. Pour que l'acide phosphorique soit déplacé, il faut la présence de la silice, qui forme un silicate terreux et permet alors au carbone, ou à l'oxyde de carbone, d'exercer leur action réductrice et de mettre le phosphore en liberté. Dans le haut-fourneau, et en présence d'un excès de fer, ces réactions aboutissent finalement à la production de phosphure de fer qui se dissout dans la fonte. Le phosphore est-il à l'état de phosphate métallique, la réduction en phosphure peut se faire sans l'intervention de la silice et à une température plus basse.

C'est ainsi que *tout le phosphore du lit de fusion, minerai, castine, combustible, se concentre dans la fonte* et c'est tout au plus si, dans une allure très-froide, on retrouve dans les laitiers des traces de ce dangereux métalloïde.

On comprend qu'en présence de cette accumulation fatale du phosphore dans la fonte, qui est la matière première de l'industrie du fer et de l'acier, on ait cherché l'épuration du minerai.

Je vous entretenais, il y a quelques années, d'essais de déphosphoration dont j'avais été témoin dans une usine de Bohême. A Kladno, on cherchait à dissoudre le phosphate de chaux et d'alumine du minerai en lessivant par une dissolution d'acide sulfureux. On ne parvenait qu'à une épuration de 70 p. 100 environ, avec des frais supérieurs à 30 francs par tonne de fonte. C'était, en résumé, un procédé encombrant et peu pratique, qui est retombé dans l'oubli.

Que faire, alors? S'attaquer directement à la fonte.

Pour mieux juger des progrès réalisés, il convient de se reporter un peu en arrière et de passer en revue les différentes méthodes employées.

Déphosphoration au puddlage. — Sur une sole en fonte recouverte d'oxyde de fer, on maintient de la fonte à l'état liquide, dans un four à réverbère. L'action oxydante produite par le contact de l'oxyde de fer, par l'oxygène libre des gaz du foyer et par l'air, que laissent passer les portes, est encore facilitée par un brassage énergique, qui renouvelle les surfaces. Voilà le travail du *puddlage*.

Les corps les plus oxydables, le silicium, le manganèse, passaient les premiers dans la scorie. Quant au phosphore, dont l'élimination finale atteignait communément 60 p. 100, on admettait bien qu'il se transformait en partie en phosphate de fer, mais on attribuait surtout son élimination à la *liquation*. Quand le fer se débarrasse des éléments étrangers qu'il dissolvait, il devient moins fusible et passe à l'état solide au milieu de la scorie liquide qui l'environne. C'est à ce moment qu'on admettait la plus grande épuration dans le puddlage.

La liquation joue certainement un rôle important; mais *le fait seul de la fusion de la fonte, au contact de l'oxyde de fer de la sole, constitue déjà une déphosphoration de* 40 *p.* 100. C'est un point sur lequel je veux attirer un instant votre attention, car il jette un certain jour sur les procédés que nous étudierons ensemble plus tard.

Nous voyons dans les études scientifiques de M. Snelus, sur le puddlage mécanique de Danks, les résultats suivants:

TABLEAU.

DÉSIGNATION.	POUR CENT.	FONTE primitive.	FONTE fondue.	FER puddlé.
Fonte Staffordshire (grise)	Carbone	2,74	2,55	Traces.
	Silicium	2,25	0,92	Traces.
	Phosphore	0,63	0,35	0,24
Fonte Cleveland (grise)	Carbone	3,18	2,83	Traces.
	Silicium	1,20	0,80	Traces.
	Phosphore	1,49	0,91	0,46
Fonte scorie (blanche)	Carbone	2,30	1,30	Traces.
	Silicium	0,89	0,18	Traces.
	Phosphore	2,17	0,86	0,38

C'est un fait que j'ai vérifié également, en faisant fondre de la fonte phosphoreuse de la Moselle, sur la sole d'un four, et la puddlant ensuite :

Fonte primitive	1,65 p. 100 de phosphore.
Fonte fondue	0,90 —
Fer puddlé	0,64 -

La déphosphoration totale est de 61 p. 100, mais elle est de 46 p. 100 déjà, par le fait de la fusion sur la sole en oxyde de fer; 15 p. 100 seulement sont dus à l'oxydation ultérieure à la liquation.

Déphosphoration spéciale dans le puddlage des fontes manganésées. — Quand le puddlage a pour objet, non pas de produire du fer quelconque, bon ou mauvais, mais un fer tout spécialement épuré, on y arrive par l'adjonction du manganèse. C'est une industrie toute récente, qui a pris naissance en Belgique, d'où elle s'est répandue ensuite en Allemagne et dans une partie de la France.

A la fonte phosphoreuse, dont on dispose, on ajoute de la fonte spéculaire (*Spiegel-Eisen*) de manière à avoir dans le mélange, 2 à 3 p. 100 de manganèse; puis on puddle à bonne température. La présence du manganèse retarde l'affinage, augmente le nombre de crochets qu'il faut passer dans la fonte; le nombre de charges par douze heures.

pour un four à deux hommes, tombe de 8 ou 9 à 4 seulement et le produit sorti s'abaisse de 1 500 kil. à 800. Le déchet n'est pas très-fort, parce qu'il est masqué par une consommation considérable de ferraille pour l'entretien de la sole. Mais la déphosphoration est énergique et peut atteindre 97 p. 100 : avec une fonte à 1,6 p. 100, qui, sans manganèse, donnerait du puddlé à 0,6 ou 0,7, on obtient souvent du fer qui ne renferme qu'un demi-millième de phosphore, comme le montre le tableau suivant :

DÉSIGNATION.	FONTE primitive.	FONTE fondue.	FER puddlé.
Carbone	3,5	3,3	0,15
Silicium	1,1	0,3	Traces.
Manganèse	2,6	0,6	0,06
Phosphore	1,6	0,5	0,05

La simple fusion de la fonte a amené une déphosphoration encore plus grande que dans les exemples précédents.

En résumé, c'est une épuration très-satisfaisante, mais c'est excessivement cher et ne peut viser que la satisfaction de besoins tout spéciaux.

Le *procédé Heaton* a fait un certain bruit en Angleterre il y a une dizaine d'années et a été, de la part de M. Gruner, l'objet d'études très-complètes et très-intéressantes.

Dans une cuve cylindrique en tôle, garnie de terre réfractaire, on verse de la fonte liquide. Le fond de cette cuve est une plaque de fonte percée de trous, ou mieux une feuille de tôle de 4 millimètres, destinée à être fondue au contact de la fonte liquide, qui tombe alors dans une sorte de chaudron renfermant du nitrate de soude. Ce sel est décomposé instantanément, il se produit des composés oxygénés de l'azote, qui traversent la colonne de fonte liquide et lui font subir en quelques instants une épuration énergique. Une fonte à 1,5 p. 100 de phosphore, donnait un produit demi-solide, ayant encore de 0,6 à 0,9 de

phosphore, 0,14 à 0,16 de silicium. Ce n'était plus de la fonte, car la décarburation était notable, et ce n'était pas non plus du fer ou de l'acier. Le déchet n'était que de 5 à 6 p. 100, mais la dépense en nitrate devait être de plus de 10 p. 100 pour obtenir des effets fructueux. En résumé, le procédé était incomplet, coûteux et ne pouvait que fournir la matière première à la fabrication Martin-Siemens de l'acier sur sole; aussi ne fut-il pas appliqué.

Ici s'arrête l'exposé des moyens de déphosphoration mis à la disposition des métallurgistes jusqu'à ces dernières années.

Au *Bessemer,* non-seulement on n'obtenait aucune épuration, mais on avait, au contraire, une concentration du phosphore en proportion du déchet. C'est ainsi qu'avec de la fonte du Cleveland à 1,46 p. 100, M. Lowthian-Bell a obtenu de l'acier à 1,62 p. 100 de phosphore, et qu'aux aciéries d'Eston on a produit avec la même fonte de l'acier à 1,77 p. 100 de phosphore.

Dans le procédé *Martin-Siemens,* qui produit de l'acier sur sole, en fondant au four à réverbère un mélange de fonte et de riblons de fer ou d'acier, on a la même concentration du phosphore.

D'où vient donc cette anomalie?

La déphosphoration n'a pas encore sa théorie complète, mais on s'accorde plus ou moins à reconnaître que plusieurs conditions concourent à produire l'épuration.

1° *Action oxydante* pour transformer le phosphore en acide phosphorique;

2° *Scorie basique* pour permettre d'absorber la silice, que l'on rencontre forcément dans toute opération métallurgique, et faciliter la combinaison de l'acide phosphorique produit.

3° *Liquation,* ou séparation du produit solide, d'avec les scories phosphoreuses provenant de l'affinage et s'écoulant à l'état liquide.

4° Enfin, la *température,* à laquelle, dans ces derniers

temps, on attribuait une certaine influence, soit que son élévation décomposât les phosphates produits, soit plutôt que l'affinité de la silice pour les bases en fût vivement exaltée et remît le phosphore en liberté.

Toutes ces conditions n'avaient certainement pas une influence égale, mais chacune d'elles semblait en avoir une.

Dans le puddlage, nous rencontrons une *action oxydante* énergique, produite, tant par l'action du peroxyde de fer, qui constitue le garnissage, que par la scorie peroxydée sous l'influence de l'oxygène libre contenu dans les produits de la combustion. Les entrées d'air par les portes sont une autre cause d'oxydation qu'il ne faut pas oublier. L'*état basique* de la scorie n'est pas douteux, puisque la sole du four est entièrement en oxyde de fer et que la scorie en présence renferme communément 10 à 12 p. 100 de silice et rarement plus de 20 p. 100. Quant à la *liquation*, elle est caractéristique de cette opération; on y a même attaché une importance peut-être exagérée, dans l'explication de l'élimination du phosphore; on a été jusqu'à dire que le fer pur se formait au milieu des scories phosphoreuses, comme la glace, pure de sel, se forme par la congélation de l'eau de mer. La *température*, au puddlage, est relativement peu élevée; on a reconnu d'ailleurs que, dans le traitement de certaines fontes très-phosphoreuses, il était important, pour obtenir une bonne épuration, de n'avoir pas une chaleur trop intense. Nous voyons donc qu'au puddlage toutes les conditions reconnues plus ou moins nécessaires à la déphosphoration sont largement remplies et font de ce procédé un mode énergique d'épuration.

Dans le procédé *Heaton*, que trouvons-nous? L'*action oxydante*, quoique de courte durée (elle était de 2 à 5 minutes seulement), a ici une intensité toute particulière; c'est de la métallurgie explosive, instantanée, utilisant l'oxygène à l'état naissant ou faiblement combiné à l'azote

dans des produits aisément dissociables. La *scorie est basique,* car elle renferme au minimum 30 p. 100 de soude, dont les affinités sont puissantes, et 10 à 20 p. 100 d'oxyde de fer; mais il y a quelquefois 54 p. 100 de silice. Le produit étant pâteux et demi-liquide seulement, il y a une sorte de *liquation*, qui ne se montre bien d'ailleurs que lorsqu'on réchauffe et qu'on martelle le métal spongieux tout imprégné de scories. Enfin, la *température* est relativement basse et ne permettrait certainement pas aux phosphates produits de se décomposer, soit par la chaleur seule, soit par l'exaltation des affinités basiques de la silice. Voilà certainement un ensemble de conditions favorables qui explique suffisamment le caractère épurateur de ce procédé.

Il n'en serait plus de même si nous considérons l'opération Bessemer. Si l'*action oxydante* est d'une intensité extraordinaire, par contre, les *scories* y sont *siliceuses,* renfermant de 40 à 50 p. 100 de silice, qui provient, tant du silicium de la fonte que du garnissage essentiellement siliceux de l'appareil. De *liquation*, il ne faut pas parler, puisque le produit est éminemment liquide, comme la scorie qui le recouvre. Quant à la *température,* elle est excessivement élevée; et on pouvait raisonnablement croire jusqu'ici qu'elle fût suffisante pour empêcher toute combinaison stable de l'acide phosphorique avec la scorie.

Ces conditions, que nous retrouvons dans le procédé *Martin-Siemens,* avec une action oxydante plus [illegible] constituaient certainement pas un ensemble [illegible] point de vue de la déphosphoration et l'on [illegible] guère que l'épuration fût nulle dans l'un et l'autre des procédés de fabrication de l'acier.

On peut même aller plus loin et dire que [illegible] métallurgistes sérieux étaient arrivés à [illegible] *phosphoration* appliquée à l'acier.

En présence de ces difficultés, que [illegible] l'empirisme, ne semblaient pouvoir [illegible]

accueilli avec intérêt une solution détournée et incomplète, qui permettait de laisser subsister dans l'acier une proportion de phosphore cinq à six fois plus considérable que ce que l'on admettait jusqu'à présent comme possible.

M. Euverte vous a expliqué, Messieurs, il y a quelques années, comment, grâce à l'emploi du *ferromanganèse*, réducteur plus concentré et plus énergique que le spiegel, on pouvait enlever l'oxydation finale du bain métallique au Bessemer, comme au Martin, sans introduire dans l'acier une aussi grande quantité de carbone. Il vous a montré également comment la diminution du carbone permettait de laisser subsister jusqu'à trois et quatre millièmes de phosphore, sans cesser de réaliser un produit suffisant pour les rails de chemins de fer. C'était un vaste champ ouvert à l'emploi des rails de fer pour leur transformation au four Martin-Siemens en *rails phosphoreux* d'un bon usage, mais ce n'était pas la déphosphoration des fontes impures.

Voilà, Messieurs, quel était le bilan du passé dans la question si importante qui fait l'objet de cette communication.

Arrivons au présent.

Nous le diviserons en deux :

Opérations déphosphorantes sans élimination du carbone, ou MAZÉAGES ÉPURATEURS.

FABRICATION DE L'ACIER *avec fontes phosphoreuses.*

1° Mazéages épurateurs.

M. Lowthian Bell, auquel ses nombreux et intéressants travaux sur les hauts fourneaux ont fait une réputation de premier ordre, a obtenu des résultats remarquables dans la déphosphoration des fontes de Clarence, dont les limites de composition extrêmes sont les suivantes :

Carbone	3,670 à 3,20
Silicium	2,810 à 1,50
Soufre	0,102 à 0,02
Phosphore.	1,930 à 1,08

Ce sont des fontes faites avec des minerais de Cleveland sans mélange d'autres provenances.

Nous avons vu qu'en traitant au Bessemer de la fonte de Clarence à 1,46 p. 100 de phosphore, M. Bell avait obtenu de l'acier qui en renfermait 1,62 p. 100, le garnissage du convertisseur étant en *gannister*, ou silice presque pure.

Avec le même garnissage et une addition de 30 p. 100 d'oxyde de fer pur, mélangé à de la scorie fondue, il n'obtint pas un résultat meilleur. Il y eut un bouillonnement intense avec projections, mais pas de déphosphoration. Cherchant à se rendre compte de cet insuccès, M. Bell l'attribua au contact imparfait de la fonte et de l'oxyde de fer, et opéra autrement.

Dans le même convertisseur, il souffla de la fonte au delà du point d'arrêt ordinaire des opérations Bessemer, jusqu'à oxyder 25 p. 100 du fer. Il espérait ainsi, par cet oxyde de fer à l'état naissant, agir plus énergiquement et obtenir un contact plus intime avec le bain métallique. On constata, comme seul résultat, une augmentation de 24,8 p. 100 dans la proportion du phosphore, qui s'était ainsi concentré dans le produit, en rapport exact avec le déchet.

Renonçant alors à attaquer ainsi directement la production de l'acier avec les fontes phosphoreuses, M. Bell se tourna d'un autre côté. L'insuccès au Bessemer lui semblait dû principalement à l'élévation de la température qui amenait sans doute la décomposition du phosphure de fer au fur et à mesure qu'il se produisait.

Il fit traiter à la mazerie de Bowling une certaine quantité de ses fontes et obtint le résultat suivant :

	FONTE primitive	[illegible]
Carbone	3.12	[illegible]
Silicium	2.[illegible]	[illegible]
Soufre	0.[illegible]	[illegible]
Phosphore	1.[illegible]	[illegible]

C'est une déphosphoration de plus de 40 p. 100. En analysant le phénomène, on voit que cette opération a eu lieu dans un vase à parois de fonte refroidies par un courant d'eau et sous l'action d'un soufflage oxydant avec une température peu élevée. Comme la scorie de mazéage ne renferme guère que 25 à 30 p. 100 de silice, on pouvait raisonnablement attribuer à l'oxyde de fer qu'elle renferme en grande quantité, une action importante dans la déphosphoration.

En faisant couler lentement, à travers une colonne d'oxyde de fer fondu, de la fonte prise à un des fourneaux de Clarence, M. Bell obtint des résultats analogues à ce qu'avait donné le mazéage :

	FONTE	FONTE ayant traversé l'oxyde de fer.	FONTE mazée.
Carbone	3,305	2,731	2,500
Silicium	2,163	0,028	0,120
Soufre	0,102	0,056	traces
Phosphore	1,515	0,838	0,840

Employant alors le puddleur mécanique Godfrey et Howson, qui se compose, comme on sait, d'une sorte de petit convertisseur pouvant tourner sur lui-même ou s'incliner à volonté, et qui est chauffé par un jet de gaz qui pénètre par l'orifice, M. Bell fit de nombreuses expériences de traitement des fontes de Clarence. Le garnissage était en oxyde de fer, dont la composition a varié, ainsi que l'oxyde fondu ou simplement chauffé que l'on ajoutait. Voici un des résultats obtenus :

	FONTE primitive.	FONTE après traitement.
Phosphore	1,50	0,23
Silicium	2,06	0,10

L'épuration était fort satisfaisante, comme on le voit, mais, tout en étant le maître de la température, on rencontrait, dans la faible capacité du vase, des causes de projections qui firent renoncer à l'appareil.

Pour ses derniers essais, M. Bell imagina un four oscillant, ayant la forme d'un cylindre de 4 mètres de long avec 1 mètre de diamètre. Une cloison longitudinale le séparait en deux et servait de chicane pour assurer le déversement de la fonte liquide et son contact avec l'oxyde de fer fondu à chaque mouvement de l'appareil. En dix minutes, une charge de 700 kilogrammes de fonte subissait soixante à quatre-vingts oscillations. On arrêtait l'opération quand on apercevait des bulles d'oxyde de carbone traversant la masse liquide et venant brûler à la surface sous forme de flammèches bleues. Comme dans les essais précédents, la nature de l'oxyde de fer fut variée, et M. Bell réussit, même avec du minerai de Cleveland grillé, à produire une déphosphoration remarquable. Le déchet était de 0 à 2 $^1/_2$ p. 100.

Voici, d'après les renseignements de l'auteur, quelques résultats obtenus :

	FONTE	
	Avant.	Après.
	—	—
Carbone	3,5	3,25 à 2,75
Silicium	1,7	0,5 à 0,20
Phosphore	1,5	0,1 à 0,05

C'est, sans aucun doute, une fort belle déphosphoration sans décarburation notable ; le produit est de la fonte purifiée, que l'on peut couler pour l'employer ultérieurement à la fabrication de l'acier sur sole. C'est ce qui a été fait à l'arsenal de Woolwich, et les produits vraiment remarquables qui ont valu à M. Bell une haute récompense à l'Exposition universelle de 1878, avaient été obtenus de cette manière.

Sans prétendre avoir résolu complétement la question de l'appareil le plus convenable, M. Bell a arrêté momentanément ses recherches si intéressantes.

MM. *Narjes* et *Bender*, ingénieurs des aciéries d'Essen, ont mis en pratique un procédé de *mazéage épurateur* dont le brevet a été pris par la maison *Krupp*.

La fonte est fondue dans un cubilot, mais elle pourrait avec avantage être prise au haut fourneau. Sur la sole inclinée d'un four tournant, analogue au four Pernot, et chauffé par le système Siemens, est un garnissage en oxyde de fer. On n'a pas de détails sur l'agglomération de cet oxyde de fer, mais il est facile d'imaginer qu'on puisse l'obtenir par un coup de feu à une température plus élevée que celle à laquelle se fera le travail ultérieur. On forme, en outre, un bain épurateur, en fondant plus ou moins complétement sur cette sole une certaine quantité de minerai de fer, naturellement d'une teneur moyenne en silice. Ce bain a une épaisseur de 30 centimètres environ. On coule par-dessus la fonte à épurer et on tourne, lentement d'abord, à une vitesse de deux tours seulement par minute, que l'on porte ensuite à cinq tours; le mouvement est donné par une machine de six chevaux, qui se trouve un peu faible pour ce travail.

Suivant M. Wedding, professeur à l'École des mines de Berlin, l'opération ne dure jamais plus de dix minutes pour une charge de 4 tonnes de fonte. Comme dans les dernières expériences de M. Bell, on arrête l'opération quand on aperçoit un dégagement d'oxyde de carbone. Le déchet est variable. Faible en général, il est quelquefois nul, par suite de la réduction d'une partie de l'oxyde employé, sous l'action du silicium et peut-être du phosphore. On pourrait traiter ainsi 80 tonnes par vingt-quatre heures avec une consommation de 7 à 8 tonnes de houille et d'une quinzaine de tonnes de minerai. On parle de 8 à 10 fr. par tonne pour l'ensemble des frais de l'opération, mais il n'y a rien de sûr encore. Quant à la déphosphoration, elle est de 75 à 80 p. 100, et serait facilitée par la présence d'un peu de manganèse.

FONTE.	CARBONE.		PHOSPHORE.	
	Avant.	Après.	Avant.	Après.
A	3,17	3,02	1,220	0,303
B	3,90	3,75	0,630	0,131
C	3,81	3,56	0,450	0,108

Cette industrie ne marche dans l'usine d'Essen que pour la démonstration du procédé, ou pour essayer les fontes des personnes qui veulent traiter. La Société des forges de Dilingen installe cette fabrication à Hussigny, près de Longwy, en France, et a disposé un haut-fourneau, de manière que la fonte puisse se rendre directement dans l'appareil épurateur.

Il y a une certaine analogie entre les mazéages épurateurs de M. Bell et de MM. Narjes et Bender. Leur caractère commun est une déphosphoration sérieuse sans décarburation avancée. Nous n'avons rien dit de l'enlèvement du silicium à Essen, il est évidemment complet et empêche de traiter ultérieurement une semblable fonte au Bessemer.

Ces fontes mazées peuvent être employées utilement au puddlage pour l'amélioration du fer, ou, si la proportion de phosphore est suffisamment faible, on peut les utiliser au procédé Martin-Siemens, pour la fabrication des rails d'acier phosphoreux.

Pourquoi arrête-t-on l'opération au moment où commence la décarburation? Il nous semble qu'il y a deux raisons : on n'améliorerait pas sensiblement le résultat obtenu, on le détruirait peut-être en partie par l'action réductrice de l'oxyde de carbone, comme nous l'expliquerons plus loin, de plus, on aggraverait sensiblement les frais en voulant enlever le carbone; d'ailleurs, l'appareil ne comportant pas, soit par sa sole, soit par sa température, les conditions nécessaires à la production de l'acier, on obtiendrait du fer.

2° Fabrication de l'acier avec des fontes phosphoreuses.

Procédé Thomas et Gilchrist. — Deux jeunes gens, M. *Sidney Thomas*, chimiste, ne s'occupant de métallurgie qu'en amateur, et M. *Percy Gilchrist*, chimiste aux usines de Blaenavon (pays de Galles), et récemment sorti de l'École des mines de Londres, s'associèrent pour chercher la déphosphoration au procédé Bessemer.

Partant de l'idée qu'un garnissage basique était indispensable, ils réalisèrent un petit convertisseur pouvant traiter quelques kilogrammes de fonte. Ils l'avaient revêtu intérieurement de chaux agglomérée par du silicate de soude et obtinrent des résultats qui attirèrent l'attention de M. Edward Martin, directeur de Blaenavon. Il les autorisa à construire un convertisseur de la capacité de 200 kilogrammes, qu'ils munirent du même garnissage basique. Pour absorber l'acide phosphorique produit, et préserver le revêtement de l'action destructive de la silice formée par l'oxydation du silicium de la fonte, ils employèrent des additions basiques variées, mais dont la chaux et l'oxyde de fer étaient les éléments. Ils essayèrent concurremment de pousser l'opération au delà de la décarburation, c'est-à-dire de sursouffler, et ils obtinrent ainsi une déphosphoration remarquable.

Ces expériences furent reprises à l'usine de Dowlais avec un convertisseur de dimensions industrielles pouvant traiter 5 à 6 tonnes de fonte. Les résultats obtenus précédemment furent confirmés, mais quelques accidents survenus au garnissage arrêtèrent ces essais, qui furent continués aux aciéries de Bolckow Vaughan, à Eston, près Middlesbro (Cleveland).

M. Windsor-Richards, directeur de cet établissement, imprima une vive impulsion aux recherches, avec la collaboration de MM. Thomas et Gilchrist.

Un garnissage en oxyde de fer, des additions d'oxyde de fer seul, sans mélange de chaux, ne réussirent pas; les

réactions étaient trop vives et les opérations rendues impossibles par les projections et le bouillonnement. Il fallut revenir au garnissage terreux.

Un essai de fabrication de briques de dolomie montra toute la difficulté du problème. En pulvérisant cette matière, la malaxant avec de l'eau, moulant et soumettant à la cuisson, on constata un retrait de 33 p. 100 en volume et une perte de poids de 45 p. 100. Divers accidents survinrent : tantôt, l'inégalité de chauffage amenait des tiraillements dans la masse en cuisson et de nombreuses ruptures ; tantôt, par suite de l'insuffisance de chaleur, les briques obtenues se délitaient à l'air, comme de la chaux ; ou, d'autres fois, par un excès de chauffage, tout s'agglomérait ensemble et fondait avec le four. Ils réussirent cependant à résoudre cette première partie du problème. Il semble d'ailleurs que cette question du garnissage ait plusieurs solutions satisfaisantes.

M. Gilchrist recommande la composition suivante :

Silice	10
Alumine et oxyde de fer	4 à 6
Magnésie	30
Chaux	54 à 56

Les briques employées dans les opérations que nous avons suivies à Eston avaient la composition suivante, qui diffère notablement :

Silice	9,50
Alumine	10,00
Peroxyde de fer	4,46
Magnésie	21,50
Chaux	50,25
Soude	4,00

C'est de la dolomie agglomérée au silicate de soude.

Enfin, M. Riley forme ainsi ses briques : il prend de la dolomie pulvérisée, qu'il malaxe avec du pétrole ou quelque huile minérale analogue, ce qui leur donne la composition suivante :

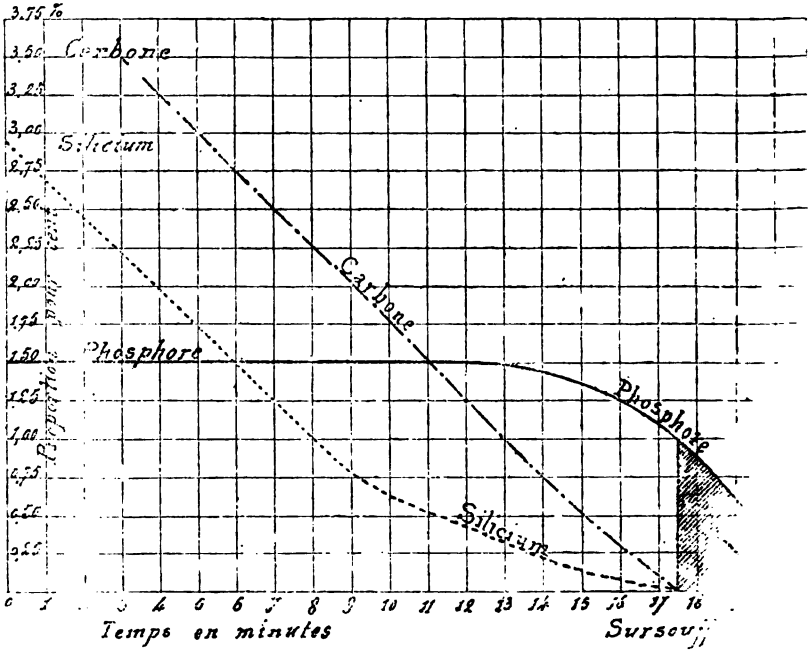
Silice	8,85
Alumine et oxyde de fer	4,00
Magnésie	35,00
Chaux	51,00

On peut aussi faire un pisé avec cette matière, en l'agglomérant avec le même liquide ; ce qui donnerait, dit-on, de très-bons résultats.

M. Richards a décrit, au meeting de l'*Iron and Steel Institute* de Londres, une opération faite à Eston, avec de la fonte Cleveland, et dont on avait suivi chimiquement les différentes phases. On opérait sur 6 000 kil., dans un convertisseur susceptible de contenir 8 tonnes. La fonte avait la composition suivante :

Silicium	3
Carbone	3,5
Phosphore	1,5

On fit, immédiatement après l'introduction de la fonte,



une addition de 500 kil. de chaux et, six minutes plus tard, une autre addition de 400 kil. de chaux et de 300 kil. d'oxyde de fer ; ce qui fait un total de 1 200 kil. ou 20 p. 100 de matières froides.

L'opération dura 17 minutes, dont 9 pour la première méthode et 8 pour la seconde. En prenant une série d'éprouvettes et les soumettant à l'analyse chimique, on fit une étude fort intéressante des changements de composition qui surviennent dans le courant de l'affinage. M. Richards construit un diagramme, dont les abscisses sont les fractions du temps que dure l'opération, et les ordonnées, les quantités des différents éléments que renferme le métal.

On voit que le phosphore ne commence à s'éliminer que lorsque le carbone est réduit à 1 p. 100 et le silicium à 0,3. La partie couverte de hachures indique le *sursoufflage*, que les Anglais appellent *overblowing* ou *afterblowing*, c'est le soufflage qui a lieu après la décarburation totale caractérisée par l'évanouissement des raies du spectre. C'est une période dans laquelle il se produit abondamment de l'oxyde de fer, et l'on voit que c'est le moment où le phosphore s'élimine rapidement. Dans le cas représenté par ce diagramme le sursoufflage a duré 3 minutes, et dans ce court espace de temps, les 2/3 du phosphore ont été oxydés, tandis que l'autre tiers avait demandé le double de temps pour se scorifier.

M. Richards affirme que le métal, dont la déphosphoration avait été poussée au-dessous d'un millième, a supporté à la traction une charge de 70 kil. par millimètre carré, avec un allongement de 25 p. 100 mesurés sur 200 millimètres de longueur.

Quant au déchet, il varie avec la déphosphoration que l'on cherche à obtenir, et oscille entre 18 et 20 p. 100. Quand on veut avoir moins de *un millième* de phosphore dans le métal, le déchet monte à 25 p. 100. La fonte pure ordinaire, celle du Cumberland, par exemple, ne donnerait que 15 p. 100.

Je donnerai maintenant le procès-verbal des deux opérations faites à Eston, le 13 mai 1870, devant les membres de l'*Iron and Steel Institute.*

Première opération. — On employait un convertisseur de 8 tonnes avec garnissage en briques basiques, dont nous avons donné la composition plus haut ; c'était de la dolomie agglomérée au silicate de soude, garnissage moins durable peut-être, mais qui était préférable pour la démonstration du procédé.

On prit 5t,800 de fonte Cleveland, fondue au cubilot, tous les hauts fourneaux étant arrêtés par suite de la grève des mineurs du Durham. Cette fonte avait la composition suivante :

Silicium	3,030
Carbone	3,200
Phosphore	1,800
Soufre	0,030
Manganèse	0,450

Immédiatement après l'introduction de la fonte, on versa à la brouette 1 200 kil. d'une matière grisâtre, en morceaux deux fois gros comme des noix; elle provenait de la cuisson d'un mélange de carbonate de chaux et de cet oxyde de fer pulvérulent (*Blue Billy*) qu'on obtient dans le traitement des pyrites grillées, dont on extrait le cuivre par la méthode Henderson. Cette matière était froide et se composait de :

Silice	1
Chaux	60,0
Peroxyde de fer	31,89
Acide carbonique	4,40

On ne pourrait la préparer longtemps d'avance, car el se délite au bout de quelques jours, en absorbant l'hur dité de l'air.

L'opération, suivie au spectroscope, donna une premi période de 4 minutes et une seconde de 9 1/2. A l'abaissement de la flamme, commença un sursoufla près de 3 minutes, et réparti de la manière suivante :

rande
ie rail
.ter en
reuses

semble
.ntensité
i ce n'é-
les tuyè-
ns le gar-
semblait
t. En effet,
opération

le montre-
., car celle-
ne peuvent
de magné-
0 kil. de
traces de
ine usure,
ns succes-

procédé de
premier abord.
ple, en effet
oration, *sans*

facile à laminer, surtout avec un semblable corroyage; ses dimensions principales sont :

Patin	83	millimètres.
Hauteur	90	—
Largeur au boudin.	83	—

Seconde opération. — La seconde opération fut assez semblable à la première.

La charge de fonte, prise au cubilot, fut de 6000 kil., et l'addition de matières basiques froides, de 1200 kil. L'observation au spectroscope donna 7 1/2 minutes pour la première période et autant pour la seconde. Il n'y eut, comme dans la première charge, ni bouillonnement, ni fortes projections; sans doute grâce à la grande capacité du convertisseur.

Le sursoufflage, en y comprenant les prises d'essai et tout le temps perdu, dura près de 20 minutes. On prit des échantillons B_1, B_2, etc., comme dans la première opération, et voici les résultats de leur analyse.

Sursoufflage.		Phosphore.
—		—
	Fonte.	1,800
1^m 1/2	B_1	0,830
$1/2^m$	B_2	0,458
15^s	B_3	0,334
15^s	B_4	0,210
10^s	B_5	0,140
Après spiegel		0,223

L'addition de spiegel fut également de 10 p. 100. La réaction qui s'ensuivit fut tumultueuse, et l'opération sembla donner un métal froid. La poche se boucha et il fallut passer une tige de fer dans le trou de coulée. Un lingot rocha quelques minutes après, ce qui est le caractère du métal oxydé.

Quant au métal laminé, il donna :

Carbone.	0,171
Manganèse.	0,160
Phosphore.	0,223
Soufre	0,037
Silicium.	traces.

Deux lingots furent [illegible]
cassure, qui s'agrandit [illegible]
avait 32 mètres de long. [illegible]
parties utiles. L'autre [illegible]
petites criques indiquant [illegible]

Après ces deux opérations [illegible]
bon; on apercevait bien [illegible]
du rayonnement ne permettait [illegible]
tait pas l'effet des joints [illegible]
res étaient remplacées par [illegible]
nissage, ne présentait [illegible]
légèrement usé, à en juger par [illegible]
la scorie accompagnant [illegible]
avait la composition suivante

Silice. . .	[illegible]
Chaux . . .	[illegible]
Magnésie . .	[illegible]
Alumine. . .	[illegible]
Peroxyde de fer	[illegible]
Protoxyde de fer	[illegible]
Protoxyde de manganèse	[illegible]
Acide phosphorique	[illegible]

Si la scorie était [illegible]
rait que l'usure du gar[illegible]
ci renferme près de [illegible]
provenir que du r[illegible]
sium dans la fou[illegible]
chaux et d'oxyde [illegible]
magnésie. Quoi q[illegible]
qui est incontest[illegible]
sives pourrait s[illegible]

Si nous con[illegible]
MM. Thomas e[illegible]
il est très-satis[illegible]
de résoudre l[illegible]
reil spécial, [illegible]

que destinée à protéger le garnissage, et d'achever l'opération en prolongeant le soufflage.

Si on étudie, au contraire, les opérations que nous venons de décrire, en les comparant au traitement des fontes pures ordinaires, nous trouvons :

Que la capacité des convertisseurs est utilisée en partie seulement, ce qui est une cause de refroidissement et une dépense plus grande d'installation.

Que, par la prise d'essais réitérés, on prolonge les opérations du double au moins de leur longueur, ce qui est une diminution de production et une nouvelle cause de refroidissement.

Que le déchet est notablement augmenté.

Qu'on n'a aucun caractère annonçant la fin de la déphosphoration, ce qui oblige à de nombreux tâtonnements.

Il semble difficile d'obtenir par cette méthode du métal relativement carburé.

Enfin, *malgré la forte proportion de manganèse introduit, le métal a une tendance à rester rouverin et, par suite, à se laminer irrégulièrement.*

Un dernier caractère, sur lequel nous reviendrons plus loin, c'est la *rephosphoration du métal par l'addition du spiegel.* La teneur en phosphore du métal soufflé, après avoir été abaissée à 0,140, remonte à 0,235 et 0,223. Il y a là un phénomène fort curieux, que les métallurgistes anglais expliquent par une action réductrice du manganèse sur les phosphates produits, et dont la scorie renferme une proportion assez forte. Si le phosphore se trouve dans la scorie à l'état de phosphates de chaux, de magnésie ou d'alumine, aucune réaction ne semble possible. Si le phosphore est à l'état de phosphate de fer, il faudrait qu'il se produisît du phosphure de fer ou de manganèse repassant dans le métal, ce qui nous semble aussi invraisemblable[1].

---

[1] A la séance suivante, il a été donné lecture d'une lettre de M. F. Weil, par laquelle il dit qu'il aurait voulu demander à M. Gautier s'il lui était possible de fournir à la Société quelques renseignements sur les résultats du récent perfec-

Forno-Convertisseur Ponsard. — C'est un appareil qui tient du Bessemer et du four Martin-Siemens. Dans une certaine position de la sole mobile, on peut faire plonger des tuyères qui soufflent de l'air dans le bain métallique.

Des essais de déphosphoration ont été faits, avec cet appareil, à Thy-le-Château, près de Charleroi. Avec un garnissage basique, analogue à celui de MM. Thomas et Gilchrist, on serait arrivé à produire de l'acier en employant des fontes très-phosphoreuses. Mais ces essais ont été peu concluants, la chaleur ayant été insuffisante. De nouvelles expériences doivent être entreprises prochainement à Creil; on emploierait parallèlement le récupérateur Ponsard et le régénérateur Siemens, ce qui ne peut amener qu'une comparaison fort instructive et fort intéressante.

Il nous reste maintenant à présenter quelques observations générales sur les phénomènes chimiques, qui se passent dans les divers essais de déphosphoration, dont nous venons de parler.

Un fait d'abord doit nous frapper, c'est que, *dans les mazéages épurateurs, la déphosphoration a lieu sans élimination importante de carbone; au Bessemer, au contraire, il n'y a déphosphoration notable que lorsque le carbone est déjà très-réduit, et la déphosphoration n'est complète qu'après la décarburation totale.*

Comment concilier ces deux phénomènes contradictoires?

Voici l'explication qu'en a donnée M. Pourcel, [illegible] service des aciéries de Terre-noire, dans une communication qu'il faisait, le 7 juin 1879, à la Société de l'industrie minérale de Saint-Étienne.

L'oxyde de carbone est un réducteur énergique [illegible]

---

tionnement que MM. Thomas et Gilchrist viennent d'appliquer [illegible] déphosphoration des fontes.

Actuellement, ces inventeurs, suivant les principes antérieurement [illegible] MM. Wedding et Bell, décarburent d'abord les fontes dans [illegible] mer à garnissage siliceux, et le produit décarburé est déjà [illegible] convertisseur à garnissage dolomitique.

phate de fer; sous son action, il se forme du phosphure de fer, qui se dissout dans la fonte ou dans l'acier en présence. Cette action réductrice doit, sans aucun doute, croître avec la température.

Dans les mazéages épurateurs de M. Bell et de MM. Narjes et Bender, l'action oxydante du peroxyde de fer se porte sur le silicium et le phosphore d'abord. Il se fait de la silice et de l'acide phosphorique qui se combine à l'oxyde de fer en présence. Comme il y a peu ou point de carbone brûlé, il n'y a pas d'oxyde de carbone produit; le phosphate de fer formé n'a donc pas lieu de se réduire, puisqu'on arrête l'opération quand le dégagement gazeux commence. C'est la présence du silicium qui empêche la combustion du carbone, comme on l'a reconnu au Bessemer. De plus, tant qu'il y a du silicium, l'oxyde de carbone ne peut rester en dissolution dans le métal; il est décomposé, comme le montre la théorie des aciers sans soufflures.

On peut même aller plus loin et dire que, s'il n'y avait pas de silicium, ces mazéages épurateurs ne pourraient fonctionner, à moins qu'une forte proportion de manganèse ne protégeât le carbone contre l'oxydation.

Dans le procédé Thomas et Gilchrist, au contraire, nous voyons la déphosphoration ne commencer que lorsque la proportion de carbone est au-dessous de 1 p. 100 et ne s'achever qu'après la décarburation totale. L'oxyde de fer produit se porte alors exclusivement sur le phosphore sans craindre l'action réductrice de l'oxyde de carbone.

Quel est, dans ce procédé, le rôle du garnissage basique et des additions de chaux mélangée d'oxyde de fer? Les métallurgistes anglais prétendent qu'ils sont destinés à saturer la silice produite et à permettre la production d'un phosphate terreux (chaux, alumine ou magnésie). Ils affirment donc que le phosphore n'est pas dans la scorie à l'état de phosphate de fer. Les expériences sur lesquelles ils s'appuient sont les suivantes :

Le sulfhydrate d'ammoniaque transforme à froid le phosphate de fer en sulfure de fer et phosphate d'ammoniaque. Le chlorure de sodium transforme à chaud le phosphate de fer en chlorure de fer et phosphate de soude. Ils n'ont pu réussir à produire aucune de ces réactions avec la scorie de leurs opérations; mais, par des acides faibles, ils ont pu dissoudre du phosphate de chaux.

Ce mode de raisonnement, qui ne tient pas compte de l'influence perturbatrice de la silice, est-il bien inattaquable? Ne sommes-nous pas en présence d'un silico-phosphate de fer, qui résiste aux premiers réactifs et cède à l'action plus énergique des acides?

Si, au contraire, nous considérons le développement considérable d'oxyde de carbone après l'addition du spiegel, et qui n'apparaît à l'orifice du convertisseur qu'après avoir traversé cette couche épaisse de scorie renfermant, comme nous l'avons vu, près de 10 p. 100 d'acide phosphorique, n'avons-nous pas là un réducteur énergique qui doit jouer un rôle? C'est certainement cet oxyde de carbone qui fait repasser, dans le métal, du phosphore enlevé à la scorie. Or, cet oxyde de carbone, comme nous l'avons dit en commençant, est sans action sur les phosphates de chaux, d'alumine ou de magnésie; c'est donc du phosphate de fer qu'il a réduit.

Le phénomène est peut-être complexe. Il pourrait se former des phosphates terreux au commencement de la déphosphoration, mais il semble difficile d'admettre que dans le sursoufflage, l'oxyde de fer, à l'état naissant, ne se combinât pas, en partie au moins, à l'acide phosphorique produit.

M. Pourcel, cherchant à relier toutes ces méthodes d'épuration, ne voit pas pourquoi, pendant la première période de l'opération de MM. Thomas et Gilchrist, le phosphore ne s'éliminerait pas tout aussi bien que dans les procédés de MM. Bell et Narjes-Bender. Il en résulte donc que la courbe du phosphore devrait s'abaisser [illegible]

vers l'axe des abscisses pendant la combustion du silicium, pour se relever ensuite pendant la combustion du carbone, par suite de l'effet réducteur de l'oxyde de carbone.

Cette manière de raisonner me semble très-logique et mériterait d'être vérifiée par une expérience spéciale, qui pourrait être très-féconde pour le procédé. Il y a cependant une certaine différence entre les mazéages épurateurs dont nous avons parlé et la première période du procédé Thomas et Gilchrist. Dans le premier cas, nous sommes en présence d'une action oxydante, qui est peut-être plus énergique, à cause de la présence du peroxyde de fer en excès, tandis que dans le Bessemer, l'oxygène soufflé se porte peut-être de préférence sur le silicium, avant d'agir sur le phosphore. La ligne droite du phosphore, dans le diagramme de M. Richards, n'est pas une preuve que la déphosphoration n'ait pas eu lieu au commencement; on pourrait, en effet, n'avoir fait qu'un dosage après la première période, quand tout le phosphore oxydé aurait été réduit et en avoir conclu à l'absence de déphosphoration. La ligne droite du carbone est bien hypothétique, celle du phosphore l'est peut-être bien aussi. En effet, il est impossible que la proportion de carbone reste constante, et cela pour deux raisons : 1° puisqu'il y a élimination de silicium et production certaine d'oxyde de fer, la masse traitée a diminué, la proportion pour 100 de carbone doit donc avoir augmenté ; 2° la première période de toute opération Bessemer est accompagnée d'étincelles rougeâtres, qui sont plus ou moins abondantes, mais qui sont vraisemblablement du graphite entraîné et brûlé partiellement. Du reste, deux analyses d'opérations Bessemer faites en Allemagne prouvent cette augmentation du carbone : d'après Kessler, après 4 minutes, le carbone est passé dans une opération, de 3,58 à 3,79 et dans une autre, de 3,03 à 3,17.

Pour conclure, nous dirons : 1° *Que la déphosphoration de la fonte par le mazéage nous semble pratiquement démontrée ;*

2° *Qu'au Bessemer, la fabrication de l'acier avec des fontes très-phosphoreuses est un fait parfaitement établi et complet au point de vue scientifique.*

Il reste des difficultés pratiques, que les auteurs du procédé reconnaissent eux-mêmes, et qu'ils cherchent à vaincre en continuant leurs expériences; mais le moment ne nous semble pas bien éloigné où tout ce qui embarrasse encore sera complétement résolu.

(*A suivre.*)

NOTE

SUR UN

APPAREIL DESTINÉ A TRACER LES COURBES

DU SECOND DEGRÉ

D'UN MOUVEMENT CONTINU.

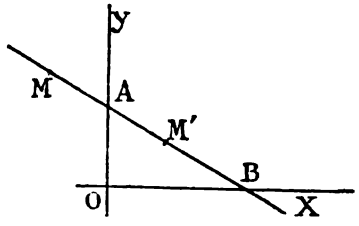
Il existe depuis longtemps des compas destinés à tracer l'ellipse ; mais, jusqu'ici, c'est la seule conique que l'on ait pu décrire pratiquement par un tracé continu.

Nous avons cherché la solution générale du problème, et nous en présentons une qui pourra, dans certains cas, être utilement appliquée.

Disons d'abord quelques mots des compas les plus connus.

Presque tous s'appuient sur le même théorème de géométrie qui est le suivant :

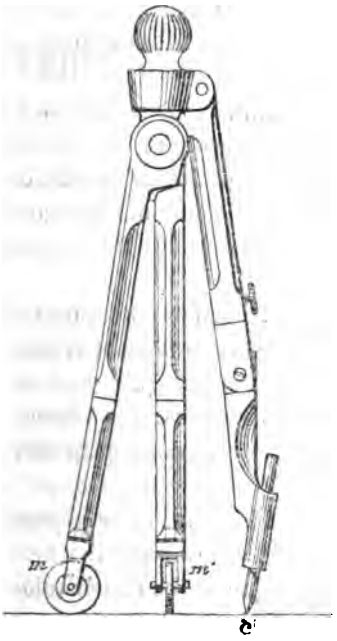
Soient OX et OY deux axes rectangulaires, A et B deux points d'une droite assujettis à glisser le long de ces axes, tout point M de la droite AB décrit une ellipse dont MA et MB sont les $^1/_2$ axes.



On a construit, d'après ce principe, un compas à trois branches, dont deux se terminent par des molettes et la 3e par un porte-crayon. Les molettes *mm'* se meuvent dans deux rainures rectangulaires creusées dans une plaque de laiton, la pointe de crayon décrit une ellipse.

En général, les molettes grippent plus ou moins dans les rainures, et la courbe tracée est tremblée ; en outre, si

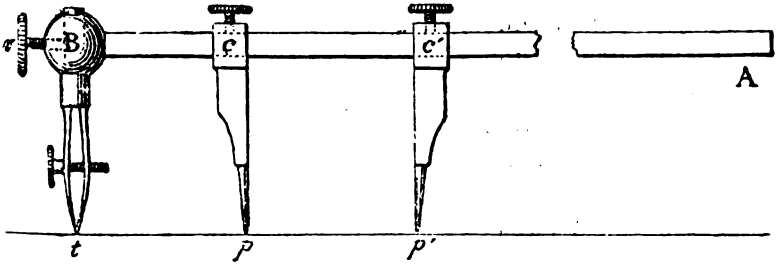
l'on veut tracer à l'encre, le tire-ligne n'est pas orienté convenablement, le trait n'a pas partout la même largeur et ne marque pas toujours bien.



L'ellipsographe que l'on trouve depuis quelque temps dans le commerce est fondé sur le même principe.

C'est un compas à verge et à trois pointes. Une règle métallique AB porte à une extrémité une boule B dans laquelle on peut fixer au moyen d'une vis de pression *v* un crayon ou un tire-ligne *t*.

Deux curseurs *cc'* portent des pointes mousses *pp'* et se fixent sur la règle aux points voulus. Si on appuie les pointes *pp'* sur les bords d'une équerre, la pointe *t* du tire-ligne décrit une ellipse. Cet appareil, très-simple et d'un prix peu élevé, a l'inconvénient de ne tracer que $\frac{1}{4}$ de l'ellipse d'un trait, et les quatre sommets de l'ellipse ne



peuvent pas être tracés ; il y a toujours un petit intervalle au sommet, parce que les angles des équerres sont toujours un peu émoussés. De plus, l'ellipsographe n'a pas le tire-

ligne mieux placé que le compas à trois branches dont nous avons parlé plus haut.

Les longueurs *tp* et *tp'* sont les $\frac{1}{2}$ axes de l'ellipse. On peut, s'il en est besoin, se servir de diamètres conjugués au lieu des axes.

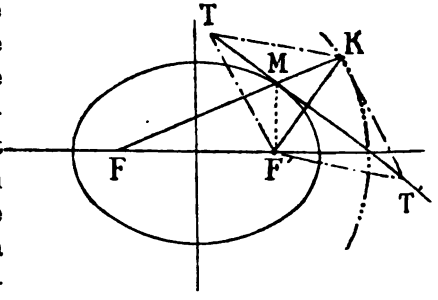
Il existe d'autres compas elliptiques, mais comme les précédents, ils ne décrivent ni l'hyperbole ni la parabole.

La première solution complète du problème a été donnée, il y a plusieurs années, par M. le colonel du génie Peaucellier, qui a publié une note à ce sujet dans le *Mémorial du génie* en 1876.

La solution du problème est remarquable au point de vue mécanique ; l'appareil ne comporte que des pivots, et on a ainsi un mouvement doux et régulier qu'il est à peu près impossible d'obtenir avec des coulisses.

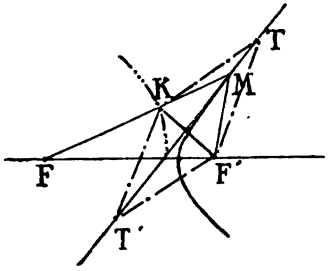
Malheureusement, au point de vue purement graphique, ce compas conique a l'inconvénient des précédents, le tire-ligne n'est pas orienté convenablement et de plus, on ne peut jamais décrire qu'un arc assez restreint de la courbe. C'est donc une solution géométrique et mécanique remarquable, qui présente encore une défectuosité réelle comme appareil de dessin.

Nous avons cherché la solution du problème en posant ainsi la question : Trouver un compas qui permette de décrire une conique quelconque et tel que le tire-ligne donne partout un trait régulier, ce qui veut dire que la fente du tire-ligne doit être constamment dans la direction de la tangente.



Soient F et F' les foyers d'une conique, TT' la tangente en point M ; si on joint FM et qu'on mène F'K perpendi-

culaire à la tangente on a MK = F′M; donc FK est constant, c'est le rayon du cercle directeur.



Si on fait décrire au point K, le cercle directeur et qu'on fasse tourner la droite TT′ autour du point F′ de manière qu'elle soit toujours perpendiculaire au milieu de F′K, le point d'intersection de cette droite et du rayon FK décrira la courbe.

On peut réaliser le problème en prenant un losange articulé TF′T′K. En faisant tourner le sommet K autour de F, la diagonale TT′ roulera en glissant sur la courbe. Un tire-ligne appliqué au point d'intersection M de FK et TT′ tracera la conique.

On peut ainsi décrire d'un trait une branche d'hyperbole ou une demi-ellipse ; on retourne ensuite le système pour décrire l'autre moitié de la courbe. Théoriquement, on

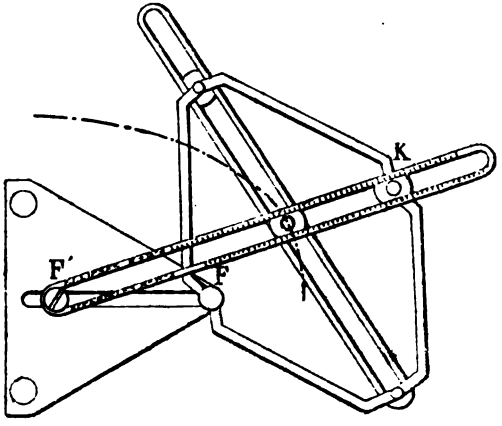


Fig. 1.

pourrait décrire l'ellipse entière, mais, dans la pratique, il y aurait des frottements trop considérables, aussi convient-il de ne pas décrire plus des $^2/_3$ de l'ellipse pour ne pas

trop fatiguer les articulations. Les trois dernières figures représentent le compas monté pour tracer l'ellipse (fig. 1), l'hyperbole (fig. 2) et la parabole (fig. 3).

Pour la parabole, le second foyer étant à l'infini, la

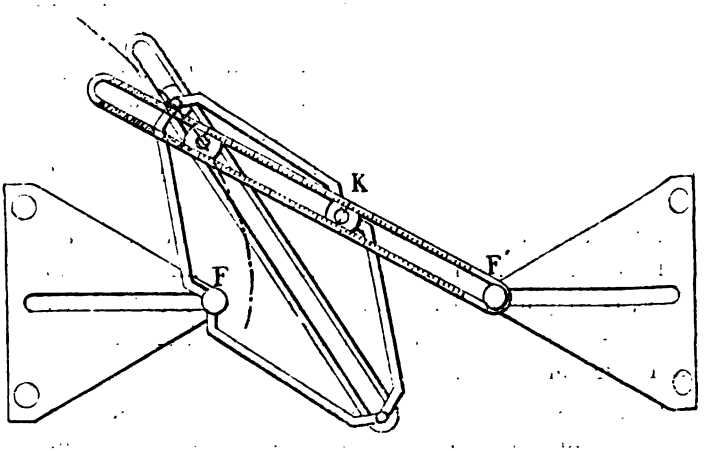


Fig. 2.

droite F'K se meut parallèlement à l'axe et le point K décrit la directrice. Pour obtenir ce mouvement, il faut monter F'K sur un parallélogramme $F'PP_1F_1'$ dont l'axe

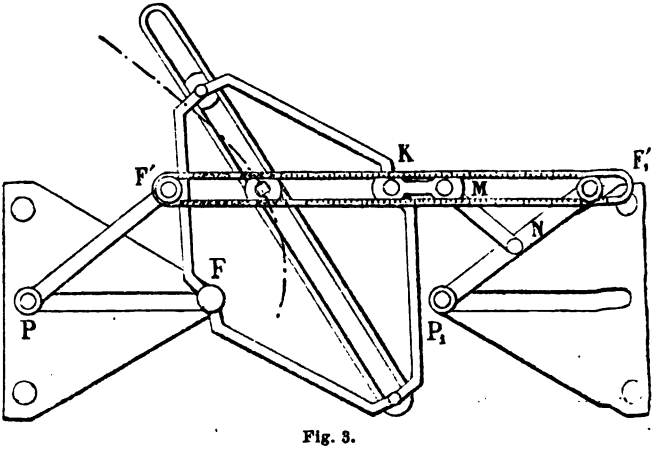


Fig. 3.

de la parabole est un côté; une bielle MN fixée en K et articulée au milieu N du côté P_1F_1 force le point K à décrire la directrice; il suffit pour cela que $MN = NP_1$.

On voit que la solution géométrique est complète et que l'appareil peut être construit; nous regrettons cependant qu'il soit encore compliqué, car, pour être très-bien fait, ce compas coûterait fort cher, ce qui limiterait beaucoup son emploi.

A. Uchard,
Capitaine d'artillerie.

RENSEIGNEMENTS DIVERS.

Allemagne : Suite des essais faits à l'usine Krupp avec le canon de 15c de 28 calibres de longueur. — On a continué les 11, 12 et 18 novembre dernier les essais avec le canon long de 15c [1], afin de réunir de nouvelles données relatives au tir de cette bouche à feu et d'éprouver de nouveau la force de pénétration de l'obus en acier.

En ce qui concerne le tir, on tira successivement, le 11 et le 12, les coups suivants :

5 coups avec la charge de 14 kil. de poudre prismatique et un obus de rupture de 2,8 calibres de longueur et du poids de 39k,5.

5 coups avec la charge de 15 kil. de même poudre et le même projectile.

5 coups avec la charge de 14 kil. et l'obus ordinaire de 2,8 calibres de long et du poids de 31k,5.

5 coups avec la charge de 15 kil. et le même obus ordinaire.

5 coups avec la charge de 14 kil. et un obus de rupture de 3,5 calibres de long et du poids de 51 kil.

5 coups avec la charge de 14 kil. et un obus ordinaire de 4 calibres de long et du poids de 50 kil.

On tirait contre une cible placée à 1 500 mètres et on mesurait les vitesses à 60, 275 et 1 474 mètres de la bouche à feu au moyen de quatre chronographes Le Boulengé, la pression des gaz était mesurée à l'aide d'un appareil Rodman et d'un crusher placés dans le coin de fermeture.

On obtint les résultats suivants :

(1) Voir *Revue d'artillerie*, tome XIV, septembre 1879, page 495.

Tir.

PROJECTILE.	OBUS de rupture de 2,8 calibres.		OBUS ordinaire de 2,8 calibres.		OBUS de rupture de 3,5 calibres	OBUS ordinaire de 4 calibres.
CHARGE.	14k	15k	14k	15k	14k	
Écart en hauteur . . . . . m.	1,60	2,05	1,10	0,90	2,20	2,25
Écart en largeur . . . . . m.	9,85	0,50	2,55	0,85	1,25	1,10
Écart moyen { en hauteur	0,488	0,50	0,40	0,252	0,724	0,596
Écart moyen { en direction.	0,22	0,136	0,72	0,268	0,38	0,244
Bande contenant 50 p. 100 des coups . . . . . { Hauteur.	0,83	0,85	0,68	0,43	1,22	1,01
Bande contenant 50 p. 100 des coups . . . . . { Largeur.	0,37	0,23	1,22	0,45	0,64	0,41

Comme on le voit, le tir du projectile le plus léger (obus ordinaire de 2,8 calibres pesant 31k,5) fut le meilleur, les autres projectiles se placent ensuite dans le même ordre que leur poids. Ces expériences ont montré que lorsqu'on fera des essais sur de nouveaux calibres il sera bon d'augmenter plutôt que de diminuer l'inclinaison des rayures.

Mesure des vitesses et des pressions.

ESPÈCE de PROJECTILE.	POIDS DU PROJECTILE.	POIDS DE LA CHARGE.	VITESSE MOYENNE à 60m	275m	1474m	VITESSE INITIALE.	PRESSION MOYENNE en ATMOSPHÈRES. Appareil Rodman.	Crusher.
	k.	k.	m.	m.	m.	m.		
Obus de rupture.	39,5	14	528,2	513,5	416,5	538,3	2350	2270
Id.	39,5	15	550,1	534,8	435,2	560,7	2550	2380
Obus ordinaire. .	31,5	14	574,5	553,9	422,6	589,2	2270	2150
Id.	31,5	15	596,2	572,2	437,8	608,7	2610	2310
Obus de rupture.	51	14	479,6	463,7	396,0	481,0	2650	2240
Obus ordinaire. .	50	14	481,0	466,1	393.2	484,5	2650	2300

Si on calcule la résistance de l'air sans tenir compte de la courbure de la trajectoire et en considérant le travail dû à la résistance de l'air comme une perte de force vive, on a :

$$D.\,Qs = \frac{P}{2g}(v_1^2 - v_2^2) = \frac{P}{2g}(v_1 + v_2)(v_1 - v_2),$$

$$D = \frac{P(v_1 + v_2)(v_1 - v_2)}{2g\,Q\,s},$$

formule dans laquelle

D représente la résistance moyenne de l'air en kilogrammes par centimètre carrés ;

Q, la section du projectile en centimètres carrés ;

s, le trajet, exprimé en mètres, du projectile entre les points dont les vitesses sont v_1 et v_2 également exprimées en mètres ;

P, poids du projectile en kilogrammes ;

$g = 9{,}81$.

On obtint pour chacun des projectiles essayés les valeurs de D inscrites dans le tableau suivant :

Résistance de l'air.

ESPÈCE DE PROJECTILE.	POIDS du projectile.	De 60 à 275 mètres.		De 275 à 1 474 métr.		De 60 à 1 474 métr.	
		Vitesse moyenne.	D	Vitesse moyenne.	D	Vitesse moyenne.	D
	kil.	mètr.		mètr.		mètr.	
Obus de rupture	39,5	521	0,8194	465	0,865	472	0,8365
Id.	39,5	542	0,8882	485	0,927	493	0,9211
Obus ordinaire	31,5	561	0,9919	488	0,981	496	0,9837
Id.	31,5	584	1,1974	505	1,039	517	1,0627
Obus de rupture	51	472	1,0362	430	0,721	438	0,769
Obus ordinaire	50	474	0,958	430	0,761	437	0,7905

Si l'on compare les différentes valeurs de D de 275 à 1 474 mètres, on trouve la loi suivante pour ses variations :

Les obus de rupture, mieux organisés pour vaincre la résistance de l'air, donnent pour D une valeur plus faible que les obus ordinaires pour une même vitesse. Pour ces projectiles, la résistance de l'air croît sensiblement comme le carré de la vitesse.

La loi des variations de D entre 60 et 275 mètres n'a pu être déterminée, car il paraît probable qu'à la distance de

60 mètres la vitesse du projectile est encore influencée par l'action des gaz de la poudre.

Il en résulte qu'avec les fortes charges il est nécessaire de mesurer la vitesse à une distance de la bouche à feu plus grande que 60 mètres ; le *minimum* de cette distance devra être déterminé par l'expérience.

Comme les valeurs de D le montrent, la résistance de l'air pour une vitesse de 500 mètres, équivaut à peu près à la pression d'une atmosphère.

Si on prend pour point de départ la loi du carré et que l'on calcule la résistance de l'air avec $D = dv^2$ en kilogrammes par centimètre carré, on a, entre 275 mètres et 1 474 mètres, la valeur de d au moyen de la formule :

$$d = \frac{P.\,2{,}3026}{gQs} \log \frac{v_1}{v_2} = \frac{P}{4{,}25\ Qs} \log \frac{v_1}{v_2}.$$

En donnant les valeurs indiquées plus haut aux différents termes de l'équation, on a trouvé pour d les valeurs suivantes :

ESPÈCE de projectile.	POIDS du projectile.	v_1	v_2	$d.10^6$	$D = d\frac{(v_1+v_2)^2}{2}$.	VALEUR moyenne de $d.10^6$
	kil.	mètr.	mètr.			
Obus ordinaire. . . .	31,5	553,9	422,6	4,14	0,987	3,12
	31,5	572,2	437,8	4,10	1,045	
	50	456,1	393,2	4,14	0,763	
Obus de rupture . . .	39,5	513,5	416,5	4,02	0,869	3,96
	39,5	534,8	435,2	3,95	0,930	
	51	463,7	396,0	3,91	0,722	

Comme on le voit, les valeurs de d, pour des formes semblables de la pointe du projectile, sont sensiblement les mêmes tant qu'on peut admettre la loi du carré. On peut, dans les limites de vitesse entre lesquelles ont été faites les expériences, admettre les valeurs suivantes pour la résistance de l'air en kilogrammes par centimètre carré : pour l'obus ordinaire,

$$\frac{4,1\,v^2}{10^6};$$

pour l'obus de rupture,

$$\frac{3,96\,v^2}{10^6}.$$

En remplaçant ces coefficients par leur valeur dans la formule

$$\log \frac{v_1}{v_2} = \frac{dQsg}{P\,.\,2,3026},$$

on pourra, de la mesure des vitesses à 275 mètres, déduire la vitesse initiale, et on a obtenu ainsi les nombres qui ont été inscrits dans le second tableau.

D'après le général Mayewski, ce coefficient d a pour valeur, lorsque la vitesse varie de 510 à 360 mètres, $\frac{4,4}{10^6}$.

D'après les recherches de M. Bashforth, on trouve, pour les projectiles à tête ogivale, les valeurs suivantes pour d et D.

VITESSE en mètres.	VITESSE en pieds anglais.	$d\ 10^6$	$D = d\,v^2$ kil. par cent. carré.
411,5	1,350	4,300	0,7280
426,7	1,400	4,358	0,7936
442,0	1,450	4,379	0,8550
457,2	1,500	4,364	0,9122
472,4	1,550	4,315	0,9631
487,7	1,600	4,262	1,0137
502,9	1,650	4,218	1,0668
518,2	1,700	4,269	1,1463
		4,308	

Le coefficient du général Mayewski, ainsi que celui du professeur Bashforth, sont plus forts que ceux que l'on a trouvés pour les projectiles Krupp. Il faut chercher la raison de cette différence, qui est à l'avantage des projectiles Krupp, dans la forme plus avantageuse de la tête de

l'obus combinée avec une vitesse de rotation bien appropriée.

Dans la troisième séance, on prit comme but une plaque en fer forgé de 305 millimètres d'épaisseur, dont on avait déjà éprouvé la grande résistance dans des tirs précédents. On tira contre elle 2 obus Krupp en acier de 2,8 calibres de longueur; le premier à la charge de 15 kil., le deuxième à la charge de 16 kil. de poudre prismatique. La distance était de 150 mètres.

Premier coup.

Poids du projectile.	38 kil.
Poids de la charge	15
Force vive par centimètre de circonférence.	12^{tm},44
Force vive par centimètre carré de section .	3 ,34

Le projectile ne parvint pas à traverser complétement la plaque, mais il y produisit une dépression de 315 millimètres. La face postérieure de la plaque montrait un renflement de 400 millimètres sur 75. Le projectile rebondit à 5 mètres en arrière. Il était froid et à peine déformé; ses dimensions n'avaient varié que de 0^{mm},3 suivant la longueur et 0^{mm},4 suivant le diamètre.

Deuxième coup.

Poids du projectile.	38^{k},3
Poids de la charge.	16 ,0
Force vive par centimètre de circonférence.	13^{tm},5
Force vive par centimètre carré de section .	3 ,62

Le projectile traversa la plaque et y resta implanté, la pointe dépassant la face postérieure de 260 millimètres. Comme dans le cas précédent, le projectile était froid et à peine déformé.

Jusqu'à ce jour, l'usine Krupp avait admis comme règle, dans le tir contre les cuirasses, qu'un projectile bien construit peut percer une plaque dont l'épaisseur, exprimée en décimètres, donne un nombre égal à celui qui exprime

la force vive par centimètre carré de section en tonnes-mètres.

Cette règle subsiste avec une exactitude suffisante tant que le diamètre de la bouche à feu n'est pas très-différent de l'épaisseur de la plaque. Toutefois, il faut modifier cette règle lorsqu'on se trouve dans les conditions de tir détaillées plus haut. Des expériences ultérieures pourront seules conduire à une règle plus approchée dans un cas quelconque. (*Deutsche Heeres-Zeitung.*)

Allemagne : Canon de montagne de 7c,5, Krupp. — La maison Krupp a cherché à résoudre le problème qui se pose lorsqu'on veut construire une pièce de montagne, c'est-à-dire joindre la légèreté à la puissance. Elle a construit un canon de montagne de 7c,5 dont elle fait ressortir les qualités en le comparant au canon de 8c que la Prusse a employé pendant la guerre de 1870.

		CANON de montagne de 7c,5 Krupp.	CANON prussien de 8c.
Calibre	millim.	75	78,5
Poids de la pièce	kil.	103	301
— de l'affût	id.	155	473
— total	id.	258	774
— de l'obus	id.	4,3	4,34
— de la charge	id.	0,4	0,5
Vitesse initiale	mètres.	294	341
Force vive du projectile — totale	t.-m.	18,9	25,7
Force vive du projectile — par kil. du canon	id.	183,5	85,5
Force vive du projectile — de l'affût	id.	122	54
Force vive du projectile — du projectile	id.	60	33
Poids du shrapnel	kil.	4,35	4,6
Nombre des balles de 15 à 16 grammes		100	90
Poids de la boîte à mitraille	kil.	4,2	3,75
Nombre des balles		69	48
Poids id.	gr.	41	50
Limite supérieure de l'angle de tir	degrés.	20	13 1/2
— inférieure —	id.	10	8

Ces chiffres montrent que le poids de l'obus étant le même pour les deux pièces, la vitesse initiale de la se-

conde n'est supérieure que de 47 mètres, bien que le poids de cette pièce soit triple de celui de la pièce de montagne. Il est à remarquer, de plus, que le poids de l'obus, par centimètre carré de section, étant plus grand dans le projectile de montagne, ce dernier conserve mieux sa vitesse, de sorte qu'à 2400 mètres, la différence de vitesse des deux projectiles a disparu.

On a consigné, dans les tableaux qui suivent, les expériences de tir exécutées avec ce canon de montagne de 7c,5.

Tir à obus lestés.

PORTÉES MOYENNES.	DISPERSION. en portée.	DISPERSION. en hauteur.	DISPERSION. en direction.	ÉCARTS MOYENS. en portée.	ÉCARTS MOYENS. en hauteur.	ÉCARTS MOYENS. en direction.	ZONE contenant 50 p. 0/0 des coups. Longueur.	ZONE contenant 50 p. 0/0 des coups. Hauteur.	ZONE contenant 50 p. 0/0 des coups. Largeur.	OBSERVATIONS.
1 043,2	35	2,5	2,1	9,4	0,6	0,5	15,9	0,95	0,8	Dülmen, octobre 1877.
3 206,2	94	»	13	17,5	»	4,2	46,5	»	0,7	
602,2	33	1,3	1,1	8,1	0,3	0,3	13,6	0,5	0,5	Suisse, février 1877.
1 026,9	34	2,4	3,3	7,1	0,5	0,8	12	0,8	1,3	
1 512,6	31,5	3,7	5,1	5,7	0,8	1,3	9,6	1,3	2,2	
1512,6	31,5	»	7,6	5,7	»	1,4	9,6	»	2,4	
1955,1	58	»	9,5	15,4	»	2,5	26	»	4,2	
2879,6	60	»	14,6	11,7	»	3,1	19,8	»	5,2	
2 112,9	58	»	21,5	10,4	»	3,6	17,6	»	6,1	
»	»	1,1	1,4	»	0,3	0,4	»	0,5	0,7	Meppen, novembre 1879.
1029	32	2,1	2,2	8,2	0,6	0,6	13,8	1	2	
1081	48	»	6	14,4	»	1,6	24,3	»	2,6	
3161	114	»	40	33,3	»	7,2	56,3	»	12,2	
3954	120	»	48	28,7	»	11,6	48,5	»	19,6	

Le tableau ci-après résume les résultats du tir effectué avec les obus à anneaux, les shrapnels et les boîtes à mitraille. Le but se composait de 3 rangées de panneaux ayant 2m,70 de haut, 30 mètres de large et situés à 20 mètres d'intervalle. Les chiffres imprimés en petits caractères indiquent le nombre des empreintes laissées par les

éclats ou les balles qui n'ont pas traversé les cibles. Le nombre d'éclats inscrits en gros caractères comprend la somme des atteintes formées par les éclats ayant percé la cible et par les éclats qui ne l'ont pas traversée.

Les panneaux étaient divisés en bandes de 60 centimètres de largeur, l'épaisseur des panneaux était de 2 centimètres.

NOMBRE des coups.	DISTANCE.		NOMBRE DES ATTEINTES				NOMBRE DE BANDES touchées				OBSERVATIONS.
			sur le panneau			sur les 3 panneaux.	sur le panneau			sur les 3 panneaux.	
			1	2	3		1	2	3		
Tir à obus à anneaux.											
12	1000	Total par coup.	268 20 22,3 1,7	219 83 18,2 6,9	197 51 16,4 4,2	684 154 57 12,8	48	49	49	143	Dülmen en octobre 1877.
12	1500		284 43 23,7 3,6	275 94 22,9 7,8	169 66 14,4 16,9	728 203 60,9 25,3	44	49	47	140	
Tir à shrapnels.											
10	500	Total par coup.	212 14 21,2 1,4	183 18 18,3 1,8	184 17 18,4 1,7	579 49 57,9 4,9	49	47	43	139	Meppen en novembre 1879.
10	1000		330 27 33 2,7	278 33 27,8 3,3	311 40 31,1 4	919 100 91,9 10	47	46	44	137	
10	1500		128 11 12,8 1,1	212 22 21,2 2,2	266 33 26,6 3,3	606 66 60,6 6,6	42	37	42	121	
Tir à boîtes à mitraille.											
5	300	Total par coup.	50 8 10 1,6	31 12 6,2 2,4	24 12 4,8 2,4	105 32 21 6,4	34	21	18	73	Meppen en novembre 1879.
5	300		31 8 6,2 1,6	24 10 4,8 2	12 4 2,4 0,8	67 22 13,4 4,4	22	18	11	51	
5	400		37 17 7,4 3,4	9 1 1,8 0,2	3 1 0,6 0,2	49 19 9,8 3,8	30	8	3	41	
5	400		36 18 7,2 3,6	13 8 2,6 1,6	13 4 2,6 0,8	62 30 12,4 6	27	10	10	47	

Nous relatons ci-après les résultats donnés par le canon de 7c,5 autrichien en bronze Uchatius. Le but était formé de 3 rangées de panneaux ayant 2m,70 de haut sur 36 mètres de large et placés à 20 mètres d'intervalle. Ils étaient divisés chacun en 60 bandes verticales. On a tiré 20 coups à la distance de 1 500 mètres.

	ÉCLATS		
	ayant traversé.	implantés.	ayant touché.
1re rangée de panneaux	546	37	57
2e rangée de panneaux	487	46	86
3e rangée de panneaux	103	29	78
Totaux	1 141	112	221

En somme, 1 474 atteintes pour 20 coups, ayant touché 149 bandes. Soit 73,7 atteintes par coup sur des panneaux de 36 mètres, ce qui équivaut à peu près au nombre 60,7 trouvé pour le canon de 7c,5 Krupp avec des panneaux de 30 mètres. (*Deutsche Heeres-Zeitung.*)

Angleterre : Le canon de 38 tonnes du Thunderer. — La commission de Woolwich a exécuté dans l'ordre déjà indiqué (1) le programme des expériences qu'elle se proposait de faire subir au canon de 38 tonnes qui était dans la tourelle du *Thunderer* avec celui qui avait éclaté le 2 janvier 1879.

La pièce ayant résisté aux diverses épreuves de tir avec vide entre la charge et le projectile, puis entre le projectile et le valet, et, enfin, avec coincement du valet dans l'âme, on a procédé, le 3 de ce mois, au tir avec les deux charges superposées, conformément à l'hypothèse à laquelle s'était ralliée la commission de Malte (2). L'éclatement s'est produit immédiatement. La rupture est presque identique à celle du canon qui a éclaté sur le *Thunderer* (3).

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. XV, décembre 1879, p. 273.
(2) Voir *Revue d'artillerie*, t. XIV, juin 1879, p. 221.
(3) Voir *Revue d'artillerie*, t. XIV, juin 1879, p. 252.

La *Revue d'artillerie* donnera, dans son prochain numéro, le compte rendu complet de toutes les expériences, ainsi que le résumé de la discussion qui s'est élevée à ce sujet entre les partisans du chargement par la bouche et ceux du chargement par la culasse.

Autriche : Réorganisation de l'artillerie de montagne. — L'état-major général a élaboré un plan de réorganisation de l'artillerie de montagne, qui rendra celle-ci complétement indépendante de l'artillerie de forteresse.

Jusqu'ici, les batteries de montagne étaient au nombre de 5 et se trouvaient comprises dans les cadres des 3 bataillons de forteresse ; leur nombre sera porté à 13, et chacune d'elles fera maintenant partie d'un régiment d'artillerie de campagne dont elle portera le numéro.

Les batteries 11, 12 et 13 ne comprendront tout d'abord que leurs cadres, et seront complétées au moment d'une mobilisation.

La composition de la batterie comme personnel et matériel ne sera pas changée, un officier du régiment de campagne dont elle porte le numéro, sera classé dans la batterie de montagne et sera chargé en temps de paix de l'instruction des hommes qui seront détachés de ce régiment pour compléter la batterie de montagne en cas de guerre. Cette instruction durera 8 semaines. Elle sera donnée plus facilement que dans un bataillon de forteresse, car la manœuvre des pièces de campagne diffère peu de celle des pièces de montagne, tandis qu'elle est tout autre que celle des pièces de place.

Les 5 batteries existantes, et les 5 qu'on va former, resteront provisoirement dans les garnisons occupées actuellement par les bataillons de forteresse, jusquà ce qu'on puisse les réunir aux régiments de campagne.

Le matériel sera emmagasiné et entretenu à la portion centrale du régiment auquel la batterie sera annexée.

Cette nouvelle organisation a dû être mise en vigueur à partir du 1er janvier 1880.

(*Vedette.*)

Danemark : Tir contre des plaques. — On a fait à Copenhague des expériences de tir contre des plaques de diverses provenances, avec un canon Krupp de 8c,7, n° 1, modèle 1874. Cette pièce tirait un obus Krupp en acier Bessemer du poids de 14l,95 (8k,370), à la charge de 3 livres (1 680 grammes) de poudre à gros grains. La distance était de 290 ellen (182 mètres). Le but se composait de 6 plaques juxtaposées et qui n'étaient point adossées à une muraille en bois, car on voulait juger de la résistance des plaques seules. Ces plaques avaient 90 millimètres d'épaisseur et étaient désignées par des numéros :

Numéros.	Métal.	Provenance.
1.	Acier.	Terre-Noire.
2.	Acier.	Creusot.
3.	Fer forgé . . .	Marrel.
4.	Acier.	Landore.
5.	Acier.	Krupp.
6.	Acier.	Marrel.

On tira en tout 20 coups sur le but ; chacune des plaques reçut 3 projectiles sauf celle de Terre-Noire et du Creuzot qui en reçurent 4, l'une, parce que le premier coup n'avait fait qu'effleurer le bord, l'autre, parce qu'elle avait très-bien résisté jusqu'au 3e coup.

Les résultats du tir sont consignés dans le tableau ci-après :

DATES.	NUMÉRO DES COUPS.	NUMÉRO DE LA PLAQUE.	POIDS du projectile.	DÉPRESSION au point d'impact. Diamètre.	DÉPRESSION au point d'impact. Profondeur.	APLATISSEMENT du projectile.	OBSERVATIONS.
			kilogr.	millim.	millim.	millim.	
14 janvier 1879.	1	1	7,47	98	78	»	Vent faible.
	2	1	7,52	91	87	22	
	3	2	7,47	102	61	52	
	4	3	7,45	100	87	39	Longueur primitive du projectile : 227 millimètres.
	5	4	7,47	100	63	44	
	6	5	7,46	102	65	50	
	7	1	7,49	113	80	26	
	8	2	7,48	102	65	48	
	9	3	7,47	93	80	26	
	10	4	7,50	102	52	56	
	11	5	7,47	100	67	46	
	12	1	7,51	113	98	30	
	13	2	7,47	91	100	19	
	14	3	7,40	104	59	53	
	15	4	7,52	100	78	40	
	16	5	7,46	100	67	48	
30 juin 1879.	17	6	7,49	108	54	56	Vent assez fort.
	18	6	7,42	100	72	39	
	19	6	7,45	96	85	26	
	20	2	7,50	102	72	46	

On a pu tirer de ces expériences les conclusions suivantes : Les plaques d'acier de Terre-Noire, Landore, Krupp et Marrel ont montré sensiblement la même résistance. Aucun des projectiles n'a pu traverser les plaques qui ont été seulement déprimées et fissurées. Sur les plaques de Terre-Noire et de Landore, on a constaté des fentes allant du haut en bas, tandis que celles de Krupp et de Marrel ont été moins endommagées.

Les plaques en fer forgé de Marrel ont mieux résisté que les plaques en acier de même provenance. Le coup n° 4, par exemple, a fait sauter entièrement un éclat conique de la plaque d'acier qui ne tenait plus que par une simple ligne circulaire. Les effets de percussion semblent,

:e localisés davantage,
sure s'étendant jusqu'au
niers projectiles y étaient
que la commotion produite
a fait tomber du logement
que d'acier du Creusot s'est
es 4 projectiles qu'on y a lan-
elques boursouflements sur la
ouvait voir aucune fissure, ce n'est
que qu'on a constaté qu'il devait
continuité aux environs des points

du Creusot semblait très-homogène,
t dire des autres et notamment de celles

raisons, la commission conclut que la
sot était supérieure à toutes les autres.
e émit le vœu de procéder à des essais à la
s barreaux détachés des plaques déjà sou-
reuves de tir. Ces essais eurent lieu; on prit
x de 200 millimètres de long sur 22 millimètres
et l'on obtint les résultats consignés dans le
nvant:

TABLEAU.

PROVENANCE des plaques.	CHARGE DE RUPTURE par millimètre carré de section.		ALLONGEMENT.		OBSERVATIONS.
	Longueur de la barre perpend. à l'épaisseur de la plaque.	Longueur de la barre suivant l'épaisseur de la plaque.	Longueur de la barre perpend. à l'épaisseur de la plaque.	Longueur de la barre suivant l'épaisseur de la plaque.	
	kilogrammes.		cent. de la long.		
Creusot. . . .	34	32,5	30,5	30	
Landore . . .	42,25	42,25	25	14	Surfaces de rupture crist.
Krupp	39	37	16	20	Id. très-cristallines.
Terre-Noire .	33,5	33,5	25	28,5	
Marrel	42,75	39,5	20	27,5	Acier.
Marrel	27,25	26,5	25	15	Fer forgé.

(*Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Genie-Wesens.*)

NÉCROLOGIE.

LE GÉNÉRAL DE DIVISION FIÉRECK.

Le général de division Fiéreck, qui jouissait, depuis près de dix ans, d'une retraite honorablement acquise par quarante-cinq ans de services, est mort le 18 décembre dernier.

Le général Fiéreck (Yves-Louis-Hercule) naquit à Turin le 13 mars 1805. Admis à l'École polytechnique en 1825 et à l'École d'application, en 1827, comme sous-lieutenant élève, il entra dans le service des troupes en qualité de sous-lieutenant, le 17 janvier 1830; promu lieutenant en second le 1er octobre 1831 et lieutenant en premier quinze jours plus tard, il devint capitaine le 1er janvier 1834.

Chevalier de la Légion d'honneur deux ans après et capitaine en premier le 25 avril 1840, il fut désigné, en 1844, pour être officier d'ordonnance du duc de Montpensier et fut mis à la disposition du duc d'Aumale, alors commandant de la division de Constantine.

C'est ainsi qu'il séjourna en Afrique pendant les années 1844 et 1845. Promu chef d'escadron le 22 mars 1846, il resta encore auprès du duc de Montpensier pendant deux ans et fut classé au 11e régiment d'artillerie, le 20 juillet 1848, pour y faire le service. Lieutenant-colonel le 24 octobre 1851 et colonel le 1er février 1854, il reçut la croix d'officier de la Légion d'honneur le 24 septembre 1857, et fut promu au grade de général de brigade le 24 décembre 1858.

Il commanda, en 1859, l'artillerie du 5e corps à l'armée d'Italie, vit ses services de guerre récompensés, le 15 août 1860, par la croix de commandeur de la Légion d'honneur et vint siéger au Comité de l'artillerie, le 12 août 1866, en qualité de général de division.

Atteint par la limite d'âge, le 14 mars 1870, le général Fiéreck avait été promu, la veille, grand-officier de la Légion d'honneur.

Le général fut rappelé à l'activité le 3 octobre suivant, pour prendre part à la guerre contre l'Allemagne, et chargé du commandament supérieur de la région de l'Ouest, au Mans ; il fut replacé dans la 2e section du cadre de réserve dès le 24 novembre.

Au commencement de 1879 le général Fiéreck demanda sa mise à la retraite ; il est mort laissant parmi tous ceux qui l'ont approché le souvenir de son affabilité et de son dévouement à ses devoirs professionnels.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE.

Manuel d'artillerie à l'usage des officiers, par H. Le Barzic, lieutenant de vaisseau. — Berger-Levrault et Cie, 1880.

On pourrait croire, en rapprochant le titre du livre de la qualité de l'auteur, que M. Le Barzic a voulu réunir en un seul volume les principales données relatives au matériel d'artillerie navale, ainsi que tous les renseignements que doit posséder l'officier chargé de servir ce matériel.

Il n'en est rien, et l'on est fort surpris, quand on feuillette ce livre, de voir que l'intérieur ne répond nullement à la couverture, qui paraît annoncer un ouvrage presque officiel et absolument indispensable à tout artilleur.

Dès la première page, on voit qu'il n'est question que de l'étude théorique des bouches à feu, au point de vue tout spécial de leur construction. On est, dès lors, en droit de se demander en quoi peut consister l'utilité d'un pareil ouvrage, dont les diverses parties sont, du reste, en disproportion flagrante.

Ainsi, à côté de données plus qu'élémentaires et, sou-

vent même, erronées sur la constitution des fontes et des aciers et leur fabrication, à côté de considérations rebattues sur les poudres, l'auteur s'attaque tout d'un coup aux théories les plus élevées relatives à la résistance des bouches à feu composées et au mode d'action des poudres.

Il est profondément regrettable qu'on ait omis de mentionner soit dans une préface, soit dans le prospectus de l'éditeur, que toute cette partie théorique a été copiée textuellement dans le *Mémorial de l'artillerie de la marine* et que, par conséquent, on ne puisse même pas mettre à l'actif de l'auteur les exemples numériques qu'il a cités, puisqu'ils sont, comme le reste, empruntés aux mémoires originaux.

C'est ainsi que, dans la première partie, qui traite de la résistance des bouches à feu, l'auteur emprunte textuellement, en leur conservant la forme personnelle de l'auteur, un certain nombre de pages à la préface de la remarquable *Étude* du colonel VIRGILE *sur la résistance des tubes métalliques*, publiée dans les premières livraisons du *Mémorial*, puis, il cite incidemment le général Virgile comme un des auteurs qui se sont occupés de la question de l'élasticité des métaux, et reprend ensuite le texte du général, en le copiant de droite et de gauche pendant 60 pages environ, tout cela sans qu'on puisse se douter que ces 70 pages, ou à peu près, ont été écrites par le général Virgile.

Dans la deuxième partie, c'est M. SARRAU, ingénieur en chef des poudres et salpêtres, qui collabore, sans le savoir, au *Manuel d'artillerie*, et encore aurait-il été bon pour le lecteur que M. Sarrau eût été consulté, car l'auteur le copie incomplétement, toujours sans le citer, d'une façon suffisamment claire, bien entendu, et se contente de poser les formules des vitesses initiales et de la pression maximum sans faire connaître la marche suivie pour les établir, sacrifiant ainsi la partie la plus originale de l'œuvre de M. Sarrau, dont l'étude est indispensable pour se rendre un compte exact de la valeur des formules et du degré de précision qu'on est en droit d'attendre des résul-

tats numériques qu'elles fournissent ; c'est pourquoi cette deuxième partie serait dangereuse à consulter pour tout lecteur qui ne saurait pas qu'il doit faire l'étude complète de ces théories dans le livre de M. Sarrau.

Enfin, la troisième partie ne fait que reproduire les notations et formules en usage à la commission de Gâvre, renseignements que l'on trouve dans les travaux de M. Hélie, professeur à l'école d'artillerie de Lorient, et dans le résumé que le colonel Sébert en a fait dans la première livraison du *Mémorial*.

En somme, ce *Manuel*, qui n'en est pas un le moins du monde, est le résultat de nombreuses recherches faites par un studieux officier de marine désireux de se mettre au courant de quelques-unes des questions théoriques relatives à la construction des bouches à feu.

Par suite de quel malentendu ce compendium purement personnel, évidemment inachevé et probablement présenté au ministère de la marine comme travail d'inspection, a-t-il été livré à l'éditeur, et imprimé sous ce titre inexact, nous l'ignorons totalement; mais nous espérons que M. Le Barzic, qui est en Cochinchine, ne se doute pas de l'emploi qu'on a fait de son manuscrit, et qu'il déplorerait avec nous la méprise dans laquelle on est tombé en publiant un travail que l'auteur ne destinait certainement pas à être présenté à ses camarades, tout au moins sous cette forme.

Le gérant : Ch. Norberg.

RÉSUMÉ DES OPÉRATIONS

DE L'ARTILLERIE ALLEMANDE

PENDANT LE SIÈGE DE MÉZIÈRES

en 1870

[*Fin*] (1).

(D'après l'ouvrage : *Geschichte der Beobachtung, Einschliessung, Belagerung und Beschiessung von Mézières im deutsch-französischen Kriege 1870-1871*, von SPOHR, Oberst-Lieutenant und Commandeur des Fuss-Artillerie-Regiments N° 15.—Berlin, 1879, Vossische Buchhandlung.)

(PL. XI.)

Remarques sur la construction et le service des batteries.

En racontant sommairement les circonstances qui ont précédé et amené la chute de Mézières, et particulièrement la part que l'artillerie allemande a prise au siège de cette ville, nous n'avons donné, sur la construction des batteries, que les renseignements strictement nécessaires à l'intelligence de notre récit, ne voulant pas l'interrompre par une digression trop étendue sur les détails des travaux de terrassement. Les difficultés que les assiégeants eurent à vaincre furent extrêmes par suite des rigueurs de la saison, et il est intéressant de connaître au prix de combien d'efforts ils les surmontèrent. C'est dans ce but que nous allons compléter les renseignements précédents, par des détails sur la construction et le service de chaque batterie.

Comme nous l'avons dit, les batteries étaient enterrées;

(1) Voir *Revue d'artillerie*, février ,1880 p. 412 et pl. IX.

seule, la batterie 14, placée dans un chemin creux, n'exigea pas de déblai. La principale difficulté des travaux de terrassement fut causée par le durcissement de la couche supérieure du sol, produit par la gelée. Suivant que les batteries étaient placées sur une hauteur dénudée ou dans une gorge boisée, et suivant l'époque de leur construction, le 23 ou le 28 décembre, l'épaisseur de la couche gelée varia entre $0^m,20$ et 0^m60. Comme les Allemands le constatèrent déjà au siège de Montmédy, c'est en pleine forêt que cette épaisseur était la plus faible; ainsi, pendant la construction de la batterie 12, le 24 décembre, elle n'était que de $0^m,15$. On consomma une quantité énorme d'outils. Les outils prussiens furent ceux qui se comportèrent le moins bien, tant au point de vue des parties en fer qu'à celui des manches. Les meilleurs furent les outils français amenés du parc de Montmédy et provenant de Metz, sans lesquels on se serait trouvé dans un bien grand embarras.

La tombée de neige du 28 décembre, qui contribua à dissimuler les batteries aux vues de la place, augmenta d'autre part les difficultés des transports. Sur les plateaux élevés, l'épaisseur de la couche de neige ne variait qu'entre $0^m,15$ et $0^m,30$; mais, dans les carrefours de routes et dans les chemins creux, la neige s'accumulait jusqu'à des hauteurs de 1 à 2 mètres. Sur les chemins placés au niveau du sol, elle formait une croûte mince très-glissante. Aussi, le tirage fut-il excessivement pénible, surtout dans les premiers jours, les chevaux n'étant pas encore ferrés à glace. On essaya d'entourer les jantes des roues avec de la paille, tant pour éviter le bruit sur les chemins durcis que pour ne pas tomber dans des ornières profondes, mais la paille se tassait et formait avec la neige gelée un corps solide qui s'encastrait à son tour plus fortement dans ces ornières. On renonça donc à cette précaution, d'autant plus que, le 29, on acquit la conviction que le vent du nord, qui soufflait avec violence, empêchait la place d'entendre les plus forts roulements.

Emplacement I pour batterie de campagne. — Il fut construit par la méthode accélérée, dans les journées des 26, 27 et 28 décembre, de quatre heures de l'après-midi à onze heures du soir. Le sol étant gelé jusqu'à une profondeur de $0^m,50$, le travail fut si difficile que, le premier jour, on ne put faire qu'une tranchée de $0^m,50$ de largeur. On construisit en arrière et sur le côté de la batterie une baraque pour abriter les servants de réserve. Le matériel fut amené le 31 décembre, à quatre heures du matin, les avant-trains furent placés derrière un épaulement haut de 6 mètres qui se trouvait en arrière de la batterie. Trois caissons furent déchargés et leurs munitions déposées dans des caisses placées dans la batterie même.

Le tir fut réglé sur le bastion 43 (3 350 mètres) en amenant les pièces en rase campagne, car on ne pouvait le voir de la batterie, puis, après avoir tiré quelques coups contre ce bastion, le feu fut dirigé sur la ville, la première section tirant à 4 700, la deuxième à 4 600 et la troisième à 4 500 mètres. La batterie consomma 408 obus, et fut contre-battue sans succès par les pièces du bastion 43 et de la face gauche de la tête de pont de Champagne.

Batterie I. — Sa construction fut entreprise le 27 par une compagnie d'artillerie qui travailla depuis la tombée de la nuit jusqu'à trois heures du matin, et continua de même le 28 et le 29, mais avec un renfort de 50 pionniers. La batterie n'était qu'à demi enterrée, parce qu'on rencontra le roc ; le talus était revêtu en gabions et saucissons. A la droite de chaque pièce, se trouvait un abri recouvert avec des lambourdes et des madriers. Un magasin à poudre et un abri à projectiles, construits de la même façon, furent placés dans le talus du chemin de Saint-Laurent à Mézières ; un observatoire fut installé à l'extrémité droite de la batterie. Le sol était gelé jusqu'à une profondeur de $0^m,45$, puis venait le roc ; il fallut chercher de la terre à 40 mètres de distance, dans le talus du chemin déjà cité. On plaça une double rangée de gabions remplis de sacs à

terre et on acheva l'épaulement avec du fumier amené à l'aide de voitures, des sacs à terre et de la terre. La communication avec les magasins fut aussi construite avec des gabions remplis de sacs à terre. La batterie fut armée le 30 au soir.

Elle tira d'abord contre la tête de pont de Champagne (3 400 à 3 600 mètres) qu'elle voyait parfaitement, puis elle concourut au bombardement de la ville. De temps en temps, elle eut à contre-battre les canons de la face gauche de la tête de pont, et bombarda aussi la citadelle. Elle tira en tout 306 obus dont 236 obus incendiaires. La place tira contre elle pendant les premières heures seulement qui suivirent l'ouverture du feu, mais sans résultat.

Batterie II. — Elle fut construite par la méthode accélérée, les 25, 26 et 27 décembre, par 84 hommes travaillant de cinq heures à onze heures du soir. Le sol était gelé jusqu'à $0^m,45$, et en outre très-rocheux, de sorte qu'il fallut employer principalement des pics à roc et des pioches. Le froid était excessif et le vent violent. Le premier jour, l'épaisseur du parapet ne put être portée qu'à $1^m,60$; le deuxième à 3 mètres; le troisième à 5 mètres. Sa hauteur au-dessus du sol naturel était égale à $1^m,10$, la largeur du coffre à 5 mètres. A chaque aile, fut établi un grand abri recouvert avec des lambourdes et des bois équarris; on utilisa, comme magasin à poudre, un atelier de forge qui se trouvait dans la carrière située à l'ouest du village de Roméry, à peu près à 60 mètres en arrière de la batterie, après l'avoir recouvert d'une couche de 1 mètre de terre. La construction de cette batterie exigea 16 heures de travail. Un projectile, dirigé contre elle, tomba dans un ravin situé à 120 mètres en avant. L'armement fut exécuté le soir des 28 et 29 décembre.

La batterie tira d'abord contre le front sud de la tête de pont de Champagne (3 400 à 3 600 mètres), plus tard contre la ville. Le 1er janvier, le feu ne dura que jusqu'à midi, parce que le brouillard et surtout la fumée qui enveloppait

la ville rendirent impossible toute observation. La consommation des munitions s'éleva à 223 obus allongés. La place répondit principalement avec 2 canons rayés de 12 de la face gauche de la tête de pont de Champagne; quelques obus tombèrent dans le parapet de la batterie, dont trois gabions furent détruits, mais la plupart des projectiles éclatèrent entre les batteries 2 et 3. Le feu de la place cessa à partir de quatre heures, et ne recommença pas le 1er janvier. Une pièce fut mise hors de service après le 26e coup, parce qu'un obus éclata dans l'âme et brisa la cheville du coin antérieur; elle fut réparée et put reprendre le feu le lendemain matin.

Batterie III. — La construction se fit dans les journées du 24 au 27 décembre; la nature rocheuse du terrain empêcha d'acquérir un couvert contre la fusillade avant le deuxième jour, et l'on fut fréquemment inquiété par les avant-postes de la garnison. Le revêtement était en gabions. On disposa un grand abri à l'aile droite de la batterie et un observatoire à l'aile gauche; un local, bâti en pierres, qui se trouvait dans un ravin en arrière de la batterie, fut recouvert de terre et servit de magasin à poudre. 3 obus furent lancés, le 27, contre cette batterie, mais sans l'atteindre. L'armement se fit sans difficulté le 28, à cinq heures du soir.

La batterie ouvrit son feu d'abord contre le front sud de la tête de pont de Champagne (3 300 à 3 500 mètres); quand plusieurs incendies furent allumés dans la tête de pont, deux pièces tirèrent sur la ville, une autre sur la citadelle. Jusqu'au lendemain à dix heures du matin, il fut tiré 269 obus incendiaires. Deux pièces des remparts répondirent de bonne heure au feu dirigé contre la tête de pont, et un sous-officier fut blessé grièvement. Vers deux heures de l'après-midi, le feu de la place se ralentit, et il s'éteignit complétement à trois heures un quart.

Emplacement II pour batterie de campagne. (Fig. 1.) — L'épaulement avait près de 6 mètres d'épaisseur et était

revêtu en gabions et saucissons ; il y avait dans l'intervalle compris entre chacune des pièces un abri recouvert avec des rondins, des madriers et de la terre ; une caisse à munitions était enfouie dans l'épaulement à chacune des ailes. La construction se fit dans les nuits des 24, 26, 29 et 30 décembre, l'armement, le 31 à cinq heures du matin. Le travail ne fut pas aperçu de la place.

Le feu fut dirigé sur la ville (3 200 à 3 400 mètres); dans le courant de la journée, deux pièces tirèrent contre la face gauche de la couronne de Champagne (2 800 mètres). La batterie consomma 273 obus et ne fut pas contre-battue.

Emplacement III pour batterie de campagne. — Il fut construit dans les nuits des 26, 27 et 30 décembre. Le matin du 31 on tira contre le faubourg du Pont-de-Pierre (3 000 mètres), la ville (3 200 à 3 400 mètres) et surtout contre la face gauche de la couronne de Champagne (2 800 à 2 900 mètres). Dans l'après-midi, la batterie bombarda la gare et l'usine à gaz de Mohon, ainsi que les maisons de la route situées au sud de ce village, dont la fusillade inquiétait constamment les avant-postes allemands et la batterie IV. Ces maisons furent évacuées au bout de peu de temps. La batterie consomma 360 obus et ne fut pas contre-battue.

Batterie IV. (Fig. 2.) — Construite dans les nuits du 26 au 29 décembre, par 10 sous-officiers et 75 hommes, la batterie était enterrée à 1 mètre au-dessous du sol, et revêtue en gabions surmontés d'un couronnement en fascines. L'épaulement avait $5^m,50$ d'épaisseur à la partie supérieure, et $2^m,40$ de hauteur au-dessus des plates-formes, les emplacements des pièces se trouvant à $0^m,30$ au-dessous du terre-plein. La batterie était partagée en deux demi-batteries par un blindage construit dans son milieu, auquel était adossé un abri à projectiles; il y avait en outre un blindage à chaque aile ; ces abris étaient recouverts avec des bois de charpente et de la terre, leur fond enfoncé de $1^m,30$ au-dessous du sol naturel. Une maison de chasse, placée sur une hauteur située à 750 mètres en arrière, servait

d'observatoire. Enfin, en avant de la demi-batterie de droite, il restait encore debout les murs d'un bâtiment incendié, qui la cachait aux vues de l'ouvrage du mont Berthaucourt. Les travaux furent très-pénibles parce que le sol était gelé jusqu'à une profondeur de $0^m,30$ et qu'en outre, il fallut couper un chemin construit en macadam et scories. Les bouches à feu furent amenées dans la nuit du 30 au 31. Construction et armement furent terminés, sans dérangement, après 38 heures de travail.

Les premiers coups de la batterie, dirigés contre la citadelle, furent trop longs et atteignirent la ville; il fallut rectifier le tir. Après la vingt-cinquième salve, on ne fit plus feu qu'avec trois mortiers, la bague en acier du quatrième s'étant brisée. Deux autres mortiers subirent aussi des dégradations par leur propre tir, mais sans gravité. La batterie consomma 170 obus, elle ne reçut pas le feu des remparts, mais fut inquiétée par la fusillade des premières maisons de Mohon, et eut un canonnier grièvemen blessé.

Batterie V. — Elle fut construite dans les nuits du 26 au 29, par 120 hommes, travaillant de six heures du soir à deux heures du matin. La hauteur du parapet était de $2^m,10$ au-dessus du terre-plein qui était lui-même à $1^m,05$ au-dessous du sol naturel, le revêtement en gabions. La batterie n'avait ni fossé intérieur, ni fossés aux ailes; elle contenait cinq abris, construits en gabions, fascines et troncs d'arbres; trois entre les pièces et un à chaque aile. Le sol gelé sur une couche de $0^m,45$, ne put être travaillé qu'avec de fortes pioches, des cognées et des pics à roc; 314 pioches furent brisées pendant le travail. La batterie fut armée le soir du 30; sans que son installation eût été dérangée par la place.

A l'ouverture du feu, le tir fut réglé contre la tête de pont de Champagne, puis on bombarda la ville (2 100 mètres). Dans la matinée du 31 décembre, la batterie combattit le bastion 43, dont elle reçut elle-même un feu violent

mais trop allongé. Dans l'après-midi, on bombarda les maisons de Mohon et on tira avec des shrapnels sur une ligne de tirailleurs qui s'avançait de ces maisons. La consommation des munitions s'éleva à 282 obus ordinaires, 36 obus incendiaires et 15 shrapnels.

Batterie VI. — Cette batterie fut construite par la méthode accélérée, dans les nuits des 26, 27 et 28 décembre. Elle était revêtue en gabions. Dans chaque intervalle compris entre les pièces, il y avait un pare éclat, construit en gabions et terre ; à chaque aile, un abri en gabions recouvert avec des troncs d'arbres, des fascines et de la terre. La demi-batterie de gauche était armée de 2 canons de 15^{c} courts; celle de droite, de 2 canons de 15^{c} longs, chacune d'elles possédait un abri à projectiles spécial. Le magasin à poudre se trouvait à 25 mètres à droite et en arrière de la batterie. Le sol était gelé sur une couche de 0^{m},50; la construction eut lieu par un froid de 18° et un vent du nord excessif. Plus de 80 pioches furent brisées. Le travail dura, en tout, vingt-trois heures; l'armement se fit dans la nuit du 29 au 30.

La batterie enfila d'abord le front E de la citadelle (2 500 à 2 700 mètres). Comme ce front ne répondait pas, et qu'au contraire, le bastion 42 de la tête de pont contre-battait la batterie avec 3 pièces, le feu fut dirigé contre la face gauche de ce front avec les 4 canons, puis avec 2 seulement, les 2 canons longs entreprenant le bombardement de la ville (2 600 mètres) avec des obus incendiaires. Mais la citadelle ne tarda pas à ouvrir un feu énergique avec 2 pièces contre la batterie, et les canons longs durent les contre-battre. Le bombardement fut repris un peu plus tard, cette fois par les 2 canons courts, lorsque le bastion 42 fut réduit au silence. A partir de trois heures de l'après-midi, il n'arriva plus de coups contre la batterie qui consomma, jusqu'au lendemain matin onze heures, un total de 120 obus allongés, 131 obus ordinaires et 20 obus incendiaires. Le feu de la place, généralement trop long, ne

causa aucun dommage. La ligne de tirailleurs, partie de Mohon, s'arrêta à peu près à 1 200 mètres des batteries 5, 6 et 7. La batterie n'éprouva point de perte.

Le 1er janvier, à trois heures du matin, le renfort d'un canon de 15c court en acier éclata au 65e coup, fendu en haut à la face postérieure, en bas à la face antérieure de la mortaise, et vint frapper l'anneau de brêlage qui fut arraché de l'entretoise de crosse qu'il brisa ; le boulon du coussinet de pointage fut déformé par le choc de la pièce. La plaque d'acier se brisa et un gros fragment frappa le flasque droit de l'affût du canon de 15c court voisin, avec tant de violence, que ce flasque fut fendu en plusieurs endroits dans le sens de la longueur, et qu'il fallut aussi cesser le feu de cette pièce. Un autre fragment de la plaque brisa un rais de la roue gauche de l'affût de la pièce placée à droite. L'anneau en cuivre était brisé, ainsi que la vis et la manivelle. Quant au reste, la culasse mobile était intacte, sauf quelques érosions sans importance produites sur la face antérieure du coin de devant; elle avait été nettoyée avec soin quelques coups auparavant. Il est probable que précisément ce nettoyage, dans lequel le fond mince de la plaque d'acier fut mis en contact avec de l'eau, par une température de 18° à 19°, et subitement refroidie, fut la cause de l'éclatement de la plaque, lequel amena l'éclatement de la pièce. La petite distance (jusqu'à l'entretoise de crosse) à laquelle fut lancé le renfort carré de la pièce, donne à penser que le projectile avait déjà quitté la pièce quand la rupture se produisit. Aucun servant ne fut atteint.

Batterie VII. — Elle fut construite dans les nuits du 26 au 29 décembre, par 120 hommes environ, travaillant de sept heures du soir à deux heures et demie du matin. Le terre-plein était à 1m,05 au-dessous, la crête à 1m,20 au-dessus du sol naturel, le talus intérieur revêtu en gabions. Il y avait, à côté de chaque pièce, un petit abri installé dans l'épaulement; à l'aile gauche un grand abri à projectiles recouvert avec des troncs d'arbres et des fascines, à côté

et à gauche de cet abri se trouvait un magasin à poudre. La construction fut très-difficile à cause de la dureté du sol, gelé jusqu'à une profondeur de $0^m,45$; sur les 60 pioches fournies pour le travail, 45 furent brisées dès le début, de sorte qu'il fallut employer des haches et des cognées. La batterie fut approvisionnée et armée dans les nuits du 29 et du 30.

Le 31 décembre, elle ouvrit son feu, d'abord contre la face gauche de la tête de pont (bastion 43), puis contre celle du bastion 42 (2000 mètres) et contre la courtine 42-43 ; plus tard, enfin, contre le front Est de la citadelle (2500 mètres à 2800 mètres). Quand ces ouvrages se turent, on bombarda Mézières et Mohon. La consommation des munitions s'éleva à 357 obus ordinaires, 49 obus incendiaires et 2 shrapnels (contre la ligne de tirailleurs dont il a été question plus haut). La batterie reçut le feu du bastion 42 et de la citadelle, mais n'éprouva de pertes, ni en hommes, ni en matériel.

Batterie VIII. (Fig. 3.) — La construction fut commencée par 40 hommes le 24 décembre, à sept heures et demie du matin. La couche gelée du sol avait $0^m,20$ d'épaisseur. A neuf heures et demie, une pièce de la citadelle tira contre les travailleurs, un obus tomba à 150 mètres en avant, et les éclats arrivèrent au milieu d'eux. La construction fut suspendue provisoirement. Après la cessation du feu de la place, dont plusieurs projectiles atteignirent l'emplacement de travail, elle fut reprise à dix heures et demie par 10 hommes. Lorsqu'à onze heures, le feu des remparts recommença, les travailleurs avaient déjà acquis quelque couvert, et, à partir de onze heures et demie, on travailla de nouveau avec les 40 hommes. On reçut encore quelques obus dans l'après-midi. Le 25, on employa 4 sous-officiers et 65 canonniers, de six heures à onze heures du soir, le 26, 7 sous-officiers et 85 canonniers, de cinq heures et demie du soir à une heure du matin. Le sol était durci jusqu'à $0^m,30$ de profondeur, et le froid si intense que la

terre se congelait sur la pelle ; il fallait travailler, la plupart du temps, avec des pics à roc. Le 27, 55 canonniers travaillèrent de cinq heures du soir à deux heures du matin, le sol était gelé sur une épaisseur de $0^m,45$ à $0^m,60$. La batterie fut achevée par 50 hommes le soir du 29, et armée par 80 hommes le soir du 30, sans plus être dérangée par la place.

Le terre-plein était à $1^m,15$, les plates-formes à $0^m,75$ au-dessous du sol naturel ; le talus revêtu en gabions. Les gabions voisins des créneaux furent cerclés à la partie supérieure avec de la tôle. On installa : quatre abris pour les servants entre les pièces, un grand abri à l'aile droite pour le commandant de la batterie ; un semblable à l'aile gauche pour les servants de réserve, ces deux derniers abris pourvus d'un poêle en fonte ; trois observatoires, un magasin à poudre à 20 mètres en arrière et à droite de la batterie, une cuisine dans la tranchée.

A l'ouverture du feu, les deux premières pièces tirèrent contre le front Sud de la citadelle (2700 mètres à 3000 mètres), la troisième et la quatrième contre la face gauche de la tête de pont (2300 mètres à 2500 mètres), la gorge de la citadelle, l'hôtel de la Préfecture et l'hôtel de ville ; la cinquième et la sixième contre la caserne située derrière le bastion 42. La batterie eut à contre-battre les cavaliers 12 et 13 de la citadelle ; puis, deux pièces du bastion 43 qui tiraient contre la batterie 5 et dont les obus allant trop loin, atteignirent à plusieurs reprises les cantonnements de La Francheville, et enfin, une pièce, qui paraissait être placée sur la courtine 42-43 (probablement celle du saillant du ravelin 45, car il n'y avait point de pièce sur la courtine). A partir de deux heures et demie, il n'arriva plus de coups contre la batterie qui, vers quatre heures, eut à tirer à shrapnels contre la ligne de tirailleurs de Mohon. Pendant la nuit, deux pièces bombardèrent l'intérieur de la citadelle, deux autres l'hôtel de ville et l'hôtel de la Préfecture, les deux dernières le faubourg du Pont-de-Pierre.

On reprit le tir de jour le 1er janvier, à neuf heures du matin, et par ordre supérieur, 6 coups furent tirés contre Charleville (4400 mètres). La batterie avait lancé 280 obus ordinaires, 45 obus incendiaires et 12 shrapnels. Elle n'éprouva point de pertes, la plupart des coups venant de la place étant trop longs ou trop courts.

Batterie IX. — Les travaux furent commencés le 24 décembre, à sept heures et demie du matin, par 150 hommes environ. Le sol était gelé sur une épaisseur de $0^m,15$ à $0^m,20$; le temps était très-beau et très-clair. Aussi les gabions étaient-ils à peine placés qu'un premier obus arriva, suivi bientôt d'un second, qui blessa un homme. Le feu de la place continuant avec rapidité, la moitié des hommes fut retirée, opération dans laquelle trois canonniers furent grièvement blessés, un quatrième légèrement atteint par des éclats. Vers onze heures, le colonel Meissner, commandant de l'artillerie de siège, accompagné de son officier d'ordonnance, arriva sur le lieu du travail. Bientôt après, un obus de 24 atteignit la batterie : l'officier d'ordonnance fut mortellement blessé (il succomba le 26 décembre), le capitaine de la batterie, un lieutenant et un canonnier furent légèrement blessés. Ordre fut alors donné de cesser la construction, et de ne la reprendre que pendant la nuit. Le feu de la place dura pendant deux heures et demie. La batterie fut faite dans les nuits suivantes et armée le soir du 30.

Le terre-plein était à 1 mètre, les plates-formes à $0^m,50$ au dessous du sol naturel. Le parapet, revêtu en gabions, avait une hauteur de $2^m,75$. Il y avait aux ailes de la batterie deux blindages recouverts en gabions et troncs d'arbres pour les servants, deux abris à projectiles et deux observatoires. Le magasin à poudre se trouvait à 20 mètres à gauche et en arrière de la batterie.

Le feu fut ouvert contre la ville de Mézières (2700 mètres) dont un secteur particulier fut assigné à chaque pièce. Dans l'après-midi, 4 shrapnels furent tirés contre les

tirailleurs de Mohon. Pendant la nuit, on pointa sur les foyers d'incendie, et le matin du 1er janvier, on bombarda Charleville avec des obus incendiaires. La consommation totale des munitions s'éleva à 213 obus ordinaires, 56 obus incendiaires et 4 shrapnels. La batterie ne reçut que le feu de la citadelle, le 31 décembre, vers dix heures du matin et dans l'après-midi. Elle n'éprouva point de pertes.

Batterie X. — Le sol n'étant gelé qu'à une profondeur de 0m,15 et formé de terre, le parapet, commencé le 24 décembre, à huit heures et demie du matin, par 8 sous-officiers et 130 hommes, fut assez avancé à dix heures et demie pour qu'on pût continuer le travail, malgré le feu que la tour 52 et le bastion 59 ouvrirent à ce moment contre les travailleurs; mais il fallut renoncer à prendre la terre dans un fossé extérieur. A cinq heures de l'après-midi la batterie était terminée dans ses parties essentielles, sans pertes, quoique la place eût lancé une trentaine d'obus, dont deux arrivèrent dans l'épaulement. On fit les abris le 25, les plates-formes le 26. Le terre-plein était à 1 mètre au-dessous du sol naturel; le parapet avait une épaisseur de 6 mètres à 6m,50; le coffre, une largeur de 7 mètres. On installa à l'aile gauche un grand abri, avec poêle en fonte, construit en gabions et recouvert de terre; trois abris, formant traverses, étaient destinés aux servants des pièces, un simple gradin constituait l'observatoire à l'aile gauche, où l'on plaça un magasin à poudre recouvert avec des rails. L'armement eut lieu le soir du 29.

La batterie tira d'abord contre la tour 52 et le bastion 59 (2 300 mètres), dont elle s'attendait à recevoir le feu, puis, ces ouvrages gardant le silence, elle tira contre la ville. Plus tard, elle seconda d'autres batteries dans le bombardement des ouvrages de Saint-Julien, notamment lorsqu'à neuf heures et demie, on crut remarquer qu'ils combattaient la batterie 13. Dans l'après-midi, elle reçut une vingtaine d'obus de la couronne de Champagne. Le 1er janvier, peu avant la cessation du feu, on tira sur Charleville

(4 000 mètres). Les munitions consommées s'élevèrent à 264 obus ordinaires, 49 obus incendiaires et enfin 2 shrapnels tirés sur un bâtiment en flammes, situé à l'Est de la cathédrale. Le feu de la place ne causa pas de pertes à la batterie, parce que la plupart des obus éclatèrent en l'air.

Batterie XI. — La batterie fut construite suivant la méthode accélérée, dans les nuits du 24 au 27 décembre, par 120 travailleurs, auxquels on ajouta un renfort de 70 hommes, pendant les deux dernières nuits. Le 29, de cinq heures du soir à minuit, on fit une communication profonde de 1 mètre, large de $0^m,60$ et longue de 60 mètres, allant à un observatoire construit en gabions et sacs à terre à droite et en avant de la batterie. Le sol était alors gelé sur une couche de $0^m,45$. Le terre-plein était situé à $1^m,05$, les plates-formes à $0^m,60$ au-dessous du sol naturel ; l'épaulement avait une épaisseur égale à $7^m,50$, et était revêtu en gabions. Sept blindages recouverts avec des troncs d'arbres, furent installés aux ailes et dans les intervalles des pièces ; un abri à projectiles, recouvert avec des fascines et de la terre, se trouvait à chaque extrémité. Le magasin à poudre fut placé à 15 mètres en arrière et à gauche de la batterie, dans la communication conduisant à la batterie 12. Ces travaux ne furent pas inquiétés par la place. L'armement eut lieu le soir du 30. Lorsque la tête du convoi de munitions arriva à 450 mètres de la batterie, il vint du bastion 42 plusieurs obus, qui obligèrent de l'abriter pendant une heure derrière un bois. La batterie était elle-même cachée par un petit bois ; les pionniers dégagèrent son champ de tir pendant la nuit.

La batterie régla d'abord son tir contre la courtine 41-42, puis, la place ne lui répondant pas, elle tira contre le faubourg du Pont-de-Pierre et contre l'intérieur de Mézières (2 300 mètres à 2 400 mètres). Elle consomma 302 obus ordinaires et 102 obus incendiaires. Elle ne fut pas contre-battue parce que les défenseurs se trompèrent complétement sur sa position, qu'ils crurent dans la forêt située

au Sud. Les obus lancés par le bastion 41 et par la citadelle allèrent bien au delà de la batterie ; quelques coups tirés de l'ouvrage du mont Berthaucourt furent au contraire trop courts.

Batterie XII. (Fig. 4.) — La batterie se trouvait dans un bois. Le 24 décembre, les pionniers préparèrent son emplacement en coupant les arbres et déracinant les souches. Complétement cachée, la batterie fut construite pendant le jour, par 100 hommes le 25, et par 170 hommes les 26 et 27. Le terre-plein était incliné de la droite vers la gauche, chaque plate-forme étant à $0^{m},30$ au-dessous de la précédente. Le talus était revêtu en gabions. Sept blindages aux ailes et dans les intervalles des pièces, construits en gabions et recouverts avec de fortes pièces de bois, des fascines et de la terre, étaient destinés aux servants. Il y avait un abri à projectiles à 10 mètres et un magasin à poudre à 20 mètres de l'extrémité gauche de la batterie. Un deuxième abri à projectiles, mais plus petit que le précédent, était à l'autre extrémité. L'observatoire, en fascines et gabions, se trouvait à 130 mètres en avant de la batterie, à laquelle il était relié par une communication couverte. Cette dernière fut construite par les pionniers, ainsi qu'une autre conduisant à la batterie 11 et une tranchée à tirailleurs placée à la gauche de la batterie. L'artillerie de la place ne combattit pas les travaux, mais on fut inquiété presque continuellement par la fusillade des avant-postes, placés sur le versant nord des hauteurs. L'armement se fit le 30 décembre ; le champ de tir fut dégagé pendant la nuit.

Le tir fut réglé contre la face droite du bastion 42 (1 800 mètres), puis contre la tour 52 et le bastion 59 (2 100 mètres), après quoi on passa au bombardement du faubourg du Pont-de-Pierre et plus tard à celui de Mézières (2 200 mètres). A de nombreuses reprises, la batterie eut à contrebattre les ouvrages 52 et 59, dont le feu inquiétait la batterie 13. Le 1er janvier, on tira aussi contre Charleville (3 600 mètres). La batterie consomma 264 obus ordinaires,

60 obus incendiaires, et enfin, 6 shrapnels employés contre des travailleurs qu'on remarqua sur la tour 52. Elle ne fut pas contre-battue, parce que les défenseurs restèrent dans l'incertitude sur sa position; il est probable que la plus grande partie des projectiles qui tombèrent à la Folie-Macé, et même dans le voisinage immédiat d'Evigny, lui étaient destinés.

Batterie XIII. — La construction fut commencée le 29 décembre, à six heures du soir, par 120 hommes. Le sol, glaiseux, était gelé jusqu'à 0m,60 de profondeur. Les hommes travaillèrent jusqu'à six heures du matin, après quoi, il fallut les renvoyer, parce qu'ils avaient les mains couvertes de crevasses et d'ampoules causées par le froid (— 18°) et le travail à la pioche dans le sol durci. Le lendemain, 50 canonniers travaillèrent de onze heures du matin à cinq heures du soir et furent remplacés par 60 artilleurs, 65 pionniers, et 85 auxiliaires d'infanterie, qui terminèrent la batterie à deux heures du matin; 60 hommes furent employés en même temps à l'armement. Les travaux étaient cachés à la place par une parcelle de forêt.

Le terre-plein était situé à 1m,05 au-dessous du sol naturel et à 1m,75 au-dessous de la crête du parapet, dont l'épaisseur était égale à 6 mètres et le talus revêtu en gabions. On construisit des plates-formes volantes. Il y avait, à chaque extrémité de la batterie, un abri à projectiles logé dans l'épaulement, et un grand abri recouvert avec des madriers pour les servants. Le magasin à poudre était placé à gauche et en arrière de la batterie, l'observatoire à 500 mètres en arrière, sur le plateau de la Hobette. C'est là que se tint l'état-major de l'artillerie de siège pendant le bombardement.

La batterie donna le signal de l'ouverture du feu le 31 décembre, vers huit heures du matin. Deux pièces tirèrent contre la tour 52 (3 600 mètres) et le bastion 59 (3 500 mètres), tandis que les quatre autres bombardèrent la ville (3 800 mètres) avec des obus ordinaires et incen-

diaires. La quantité des munitions consommées s'éleva à 466 obus ordinaires et 120 obus incendiaires. La batterie fut contre-battue par la place dès le début jusque dans l'après-midi; elle reçut une quarantaine d'obus sans être atteinte et ne subit pas de pertes. En revanche, deux canonniers furent brûlés à la figure par le crachement d'une pièce, dont la culasse mobile fut mise hors de service par la rupture de l'anneau de cuivre et de la plaque d'acier. Dans une autre pièce, la cheville du coin antérieur fut brisée. Ces deux pièces durent cesser le feu.

Batterie XIV. (Fig. 5.) — Le travail consista simplement dans la construction de six plates-formes derrière le remblai de la route de Fagnon à Warcq, dont la hauteur était d'environ $2^m,50$. La demi-batterie de droite était séparée de la demi-batterie de gauche par un intervalle de 15 mètres correspondant à la partie la plus élevée du remblai. Ce dernier était gelé, dur comme du roc, et servit de parapet sans qu'il fût nécessaire de le revêtir. Au milieu de la batterie, on installa un magasin à poudre, à droite et à gauche duquel se trouvait l'abri à projectiles de la demi-batterie correspondante ; à l'aile gauche de la batterie, il y avait une traverse formant retour et un observatoire. On ne créa point d'abris pour les servants. En avant de l'emplacement, on confectionna un masque épais avec des broussailles qui se confondait si bien avec la forêt, située à 400 mètres en arrière, que de la place on ne pouvait absolument pas découvrir la batterie. Aussi, la construction put-elle se faire pendant le jour. L'armement eut lieu dans la nuit du 30 au 31.

La batterie régla son tir contre la tête de pont de Champagne, qu'elle voyait le mieux, puis elle passa au tir d'enfilade contre le front sud du corps de place et de la citadelle (3 100 à 3 900 mètres). Quand on remarqua le feu des ouvrages de Saint-Julien contre la batterie 13, on les réduisit au silence, puis on bombarda la ville. On continua ainsi pendant la nuit, et on lança quelques obus incendiaires sur

Charleville (3 500 à 4 500 mètres) avec la pièce de gauche, la seule qu'on pût diriger sur ce but, et encore fallut-il la placer presque en travers de la plate-forme. La batterie consomma 315 obus ordinaires et 120 obus incendiaires, ne fut pas contre-battue par la place et n'éprouva point de pertes.

Emplacement IV pour batterie de campagne. — Il fut fait dans les nuits des 28, 29 et 30 décembre, par 45 artilleurs, 38 pionniers et 30 auxiliaires d'infanterie. Les pièces furent amenées le matin du 31. Les deux premières sections bombardèrent Charleville (3 500 à 4 000 mètres), la troisième section tira le 31 décembre contre le faubourg d'Arches (4 200 mètres), et le 1er janvier contre le faubourg Saint-Julien (4 000 mètres). La batterie tira en tout 282 obus, reçut le feu d'une pièce de la tour 63, dont le tir n'était pas réglé, et n'éprouva point de pertes.

Emplacement V pour batterie de campagne. — Elle fut construite et armée dans les mêmes conditions que la précédente. Le sol était gelé jusqu'à 0m,60 de profondeur. Le tir fut dirigé contre la caserne de Charleville (3 600 mètres), et y alluma un incendie, puis contre Mézières (4 000 mètres). La consommation des munitions s'éleva à 336 obus. La batterie fut contre-battue par la tour 63 et le bastion 60, dont la plupart des coups étaient de 250 mètres trop courts, et ne subit pas de pertes.

Conclusion. — En 1870, la place de Mézières, mal construite et mal armée au point de vue de l'artillerie, et pourvue d'une garnison formée en grande partie d'éléments peu instruits, ne pouvait remplir d'autre rôle que de barrer le chemin de fer des Ardennes. Il faut convenir qu'elle a bien rempli ce rôle depuis la bataille de Sedan jusqu'au 2 janvier 1871, c'est-à-dire pendant 4 mois. En outre, elle servit de refuge à des troupes qui, échappant au désastre de Sedan, purent s'y réorganiser et former de nouveaux corps actifs.

La faiblesse de la défense, au point de vue de l'artillerie,

n'est que trop facile à expliquer. Aux 98 bouches à feu rayées de l'attaque, la défense avait à opposer les 115 pièces qui armaient les ouvrages; mais, de ce nombre, il faut défalquer 4 canons rayés de 4 de campagne et 80 pièces lisses parfaitement incapables d'atteindre à la distance à laquelle furent établies les batteries de bombardement. Restaient donc 8 canons rayés de 24 et 23 canons rayés de 12 pour combattre 19 batteries de siège, armées de bouches à feu dont la supériorité était incontestable. Ces 31 canons rayés étaient disséminés sur tout le pourtour de la place et se prêtaient difficilement à des efforts communs; ils avaient à atteindre des buts très-bien dissimulés par la neige et par les accidents naturels du terrain, et, en même temps, situés pour la plupart à la limite extrême de leur portée. L'artillerie des remparts devait donc être écrasée en peu de temps par le feu des batteries de siège; c'était la conséquence fatale de l'inégalité du combat.

H. Roswag,
Capitaine d'artillerie.

NOTES

SUR LA

CONSTRUCTION DES BOUCHES A FEU

PAR

M. FORNEROD-STADLER
lieutenant-colonel de l'artillerie suisse.

[*Fin.*] (1)

(Extrait de la *Revue des armes spéciales*, supplément mensuel de la *Revue militaire suisse*.)

CHOIX DU TYPE DE BOUCHE A FEU CORRESPONDANT A CHAQUE GENRE D'ARTILLERIE.

Les dimensions indiquées dans le tableau ont été déterminées en faisant abstraction des exigences du service et du genre d'artillerie auquel les divers calibres peuvent être destinés, et en ayant seulement en vue les meilleures conditions dans lesquelles un système de bouche à feu et de projectiles peut être établi pour une vitesse et une pression données. Cependant, l'aperçu d'ensemble que fournit le tableau facilite beaucoup le choix du modèle qui, dans chaque cas, peut le mieux satisfaire aux conditions imposées.

Le choix dépendra en premier lieu des exigences du service auquel la bouche à feu est destinée, ainsi que de l'étendue de la trajectoire et du degré d'efficacité que doivent produire ses projectiles.

Artillerie de campagne.

Ainsi, pour les *canons de l'artillerie de campagne, la faci-*

(1) Voir *Revue d'artillerie*, février 1880, p. 393.

lité de manœuvre et les exigences tactiques imposent à la longueur d'âme, à l'accroissement du recul, à l'augmentation de la longueur et du poids des charges et des projectiles, des limites qui ne peuvent pas être dépassées sans entraîner de graves inconvénients.

D'autre part, si on tient compte de ce que ces canons sont créés surtout en vue du combat rapproché contre les troupes découvertes, que le tir à grandes distances n'a lieu que dans des cas exceptionnels d'une importance secondaire, on est conduit à reconnaître qu'une trajectoire qui, jusqu'à 3 000 mètres au plus, permet d'étendre l'action du tir à shrapnels et celle de l'obus jusqu'à 6 000 mètres, est amplement suffisante pour les besoins tactiques de l'arme.

Or, cette trajectoire nécessite tout au plus une vitesse initiale de 440 mètres avec un projectile qui lui soit proportionné, vitesse qu'il est encore aisé d'atteindre dans des conditions normales sans craindre trop d'inconvénients. Les projectiles consistant seulement en obus à anneaux segmentés et en shrapnels, on peut leur donner un poids suffisant sans avoir recours à une longueur démesurée. Enfin, en concédant une légère diminution du rendement et, par contre, un faible surcroît de charge, on peut réduire la longueur d'âme du canon à environ 24 calibres. Ainsi pour le calibre de $8^{c},4$, on aboutit, d'après ces considérations, à un canon ayant une longueur d'âme de 2 mètres et à un projectile pesant 7,3 kilogrammes, lancé par une charge d'au plus 1 350 grammes, qui donnerait, avec une poudre convenable, une pression d'environ 1 600 atmosphères.

Cette pression pourrait être supportée aussi par un canon en bronze-acier pendant un nombre de coups indéfinis, puisque la limite d'élasticité de ce métal varie entre 1 600-2 000 kilogrammes, et que, d'après les données dues au général Uchatius, les déformations permanentes ne commencent qu'avec des pressions supérieures à 2 400 atmosphères.

Cependant, quels que soient les avantages que puisse présenter un modèle de bouche à feu de ce genre, son introduction dans notre artillerie rencontrerait de graves difficultés. L'adoption d'un projectile de 7,3 kilogrammes nécessiterait la transformation complète de l'aménagement et du compartimentage des coffres de toutes les voitures à munition des batteries. En second lieu, *on ne possède pas encore une espèce de poudre qui satisfasse en tout point aux conditions imposées et qui permette d'atteindre le rendement maximum, sans dépasser d'une façon notable ou la pression prévue, ou le poids de la charge indiquée.*

A cet égard, la *poudre à gros grains* allemande paraît, plus que toute autre, posséder les qualités qui se rapprochent le plus de celles qui sont requises. En effet, pour une vitesse donnée, c'est celle qui de beaucoup produit les pressions les moins élevées, qui correspondent le mieux à celles qui furent déduites par le calcul. Mais cette poudre présente les inconvénients déjà signalés au début de cette étude ; c'est-à-dire qu'elle ne se prête pas à l'usage d'une densité de chargement suffisante, en raison de la forme des grains et de son poids spécifique. Il en résulte une perte de vitesse qui ne peut être compensée que par un surcroît de charge et par un abaissement correspondant de son rendement.

Il est bien probable qu'en se servant de l'ancienne poudre réglementaire du plus gros grain, on obtienne la vitesse recherchée sans augmentation de charge, mais alors la pression initiale serait sans doute beaucoup plus forte.

Ces considérations ont forcément conduit à l'adoption du modèle adopté dernièrement, qui lance un projectile de longueur et de poids réduits, avec une charge de 1 400 grammes de poudre à gros grains.

Cet exemple fait ressortir l'influence que les exigences du service et les considérations qui ont trait à la mise en application des principes que nous avons posés précédem-

ment, exercent nécessairement sur le choix d'un modèle de bouche à feu pour l'artillerie de campagne.

Quoi qu'il en soit, si on considère tous les progrès qui ont déjà été apportés à la fabrication des poudres en peu d'années, on est autorisé à penser que les poudreries parviendront probablement, dans un avenir prochain, à produire une qualité de poudre encore mieux appropriée aux bouches à feu de petit calibre que celle adoptée momentanément, qui permettra d'atteindre le rendement maximum de la charge sans dépasser le niveau de pression prévu [1].

En effet, puisque la fabrication des poudres a réussi à produire des qualités de poudres satisfaisant aux conditions imposées, tant pour les armes à feu portatives, soit donc du calibre de 1^{cm}, que pour les canons de 12^{cm} et de 15^{cm} et les calibres les plus forts, il n'y a pas de raison pour qu'elle ne puisse pas parvenir à produire une espèce de poudre convenant bien aux calibres intermédiaires de 8^{cm} et de 10^{cm}.

Artillerie de position.

Les conditions auxquelles doivent satisfaire les *canons de l'artillerie de position,* diffèrent essentiellement de celles imposées aux bouches à feu de l'artillerie de campagne. L'utilisation de l'efficacité du tir de ces pièces à de plus grandes distances est devenue indispensable. En effet, les canons de position sont destinés à l'armement de positions fortifiées, généralement très-dominantes, d'où ils peuvent battre déjà à de grandes distances le terrain des attaques, les voies de communication, les localités, les défilés et tout mouvement de corps de troupes un peu considérable. Il faut aussi qu'ils suppléent, dans une certaine mesure, à leur défaut de mobilité par des portées plus étendues. Il y

[1] Dans ce cas, on pourra établir un modèle de canon de $8^{c},4$ de campagne, lequel, avec une charge de 1 150 grammes seulement, lancera le même projectile et atteindra la même vitesse que le nouveau modèle système Krupp, tirant à la charge de 1 400 grammes. Les volumes des charges seraient entre eux dans le rapport de 3 à 4.

a donc tout intérêt à tirer le meilleur parti d'une position fortifiée en utilisant l'efficacité de tir des pièces d'artillerie jusqu'aux limites de leur portée utile, pourvu que les dimensions du but soient proportionnées à la précision du tir.

Il faut par conséquent tenir grand compte des éléments qui influent sur les trajectoires étendues et sur le mode d'action des projectiles aux grandes distances. Indépendamment de ces considérations, l'action de l'artillerie de position est double. Elle doit agir non-seulement contre les troupes, mais aussi contre des buts d'une certaine résistance. D'autre part enfin, quoique les pièces ne soient plus appelées à suivre rapidement les manœuvres et les mouvements des troupes, il faut cependant tenir grand compte de leur mobilité en vue de l'armement rapide, en terrain accidenté, de positions souvent peu accessibles, ainsi que des difficultés pour le réapprovisionnement des munitions.

Il résulte de ces considérations, que ce genre d'artillerie ne peut pas se borner seulement à l'usage de canons de gros calibres, quoique ces derniers soient les seuls qui puissent agir à la fois contre les troupes et contre des ouvrages très-solides. Pour des raisons d'économie, de facilité de transport, de réapprovisionnement et d'armement, il faut avoir recours à deux calibres différents : l'un, pour canon léger de position plus spécialement destiné à agir contre des troupes, l'autre pour canon lourd de gros calibre, moins transportable, beaucoup plus coûteux, destiné à contre-battre plus spécialement les ouvrages de fortification.

Le canon léger de position doit posséder un tir étendu, à shrapnels jusqu'à 4 000 mètres, à obus jusqu'à 8 000 mètres. Son efficacité doit être supérieure à celle des canons de l'artillerie de campagne. L'obus doit posséder une charge intérieure et une force de pénétration suffisante pour que ces pièces puissent agir à grande distance contre les localités et à distance moyenne contre les retranche-

ments à l'aide du tir à démonter. Cette bouche à feu doit être nécessairement montée sur un affût de position afin que la pièce étant placée derrière l'épaulement, les servants soient suffisamment protégés contre les feux directs. Le poids de l'ensemble, bouche à feu et affût, peut égaler celui d'un caisson d'artillerie chargé, soit 2000 à 2200 kil., afin que ces pièces soient encore assez transportables pour permettre d'armer rapidement des batteries établies en terrain accidenté. Or, un affût de position suffisamment résistant pèse environ 900 kil.; il reste donc pour le canon un poids de 1 100 à 1 200 kil.

Pour tirer le meilleur parti de ce poids, il faut rechercher le calibre le plus convenable en ayant égard aux exigences imposées à la trajectoire et à l'efficacité des projectiles. La trajectoire qui permet d'étendre le tir à shrapnel jusqu'à 4 000 mètres et le tir à obus jusqu'à 8 000 mètres, nécessite une vitesse initiale de 475 mètres.

Si on considère le *calibre de* 12^c, on s'aperçoit bientôt qu'une bouche à feu de ce genre appropriée à cette vitesse serait trop lourde. En effet, elle aurait une longueur de $3^m,8$ au moins et pèserait environ 1 600 kil. En outre, des projectiles de 25 kil. et des charges de $5^k,5$ constitueraient un système de munitions trop lourd et trop coûteux.

D'autre part, le *calibre de* $8^c,4$, organisé pour la vitesse de 475 mètres et lançant des projectiles de $9^k,5$, aurait un effet d'obus insuffisant, la charge d'éclatement serait trop réduite, d'autant plus que, pour des projectiles aussi allongés et des vitesses aussi fortes, on est forcé de donner plus d'épaisseur aux parois au détriment de la capacité intérieure du projectile.

Le calibre le plus convenable est donc un intermédiaire entre ceux de $8^c,4$ et de 12^c. Celui de $10^c,5$, déjà en usage en Suisse pour l'artillerie lourde de campagne, semble le mieux satisfaire, à la fois, aux conditions d'efficacité et aux exigences tactiques.

La détermination d'un modèle de bouche à feu de ce

calibre présente deux modes de solution, qui ont pour base, l'un, *la condition de l'emploi pour les charges de la poudre à gros grains déjà en usage pour les canons Krupp*, et l'autre *la supposition qu'on puisse disposer d'une nouvelle espèce de poudre possédant toutes les qualités requises* pour obtenir le rendement maximum, mais qui toutefois reste encore à créer.

Les considérations qui ont trait au choix du poids des projectiles sont les mêmes dans les deux cas. D'après le tableau, on voit qu'à la vitesse de 475 mètres correspond un poids de projectile de $18^k,5$, à celle de 450 celui de 16 kil., et à celle de 500 mètres celui de $21^k,5$.

Les deux premiers ont déjà un effet amplement suffisant. Le *shrapnel* contiendrait environ 350 balles et l'*obus ordinaire* aurait une charge intérieure de 1 kil. Des projectiles de ce calibre pesant $21^k,5$ n'auraient d'utilité que pour l'artillerie de marine ou de côte en vue de l'effet de perforation. Pour l'artillerie de position des projectiles aussi lourds constitueraient un approvisionnement trop coûteux et peu transportable.

Le poids de $18^k,5$ n'est pas même absolument indispensable; même en le réduisant à 16 kil., le projectile conserve encore à peu près la même efficacité. La différence s'accuse par la forme de la trajectoire. Tiré avec la même charge que celui de $18^k,5$, le projectile de 16 kil. donnera une trajectoire plus tendue aux distances rapprochées et moyennes, propriété qui sera à l'avantage du tir à shrapnel. Par contre, le projectile plus lourd conservant mieux sa vitesse, donnera aux grandes portées une trajectoire plus étendue et plus régulière, mieux appropriée pour le tir à obus aux grandes distances.

Toutefois, si on considère que le canon de $10^c,5$ de position est plus spécialement destiné à agir contre les troupes jusqu'aux distances moyennes; que le tir à obus à toute volée ne se présente que dans des cas tout à fait exceptionnels; que cette différence de poids ne peut pas

influer d'une façon notable sur l'effet des projectiles ; enfin que, pour obtenir avec le projectile plus léger la vitesse voulue en faisant usage de la poudre à gros grains actuelle, il faut déjà un surcroît de charge assez considérable, on est porté à admettre le poids de 16 kil. comme suffisant en attendant que la fabrication des poudres réussisse à produire une poudre plus efficace.

Pour déterminer les dimensions essentielles d'un modèle de canon de $10^c,5$ organisé pour tirer avec la poudre actuelle à gros grains, il convient de choisir pour point de départ une charge qui assure au projectile de 16 kil. une vitesse supérieure à celle de 475, considérée déjà comme indispensable pour un projectile de poids normal, soit donc environ de 490.

La charge correspondant à cette vitesse comporte $\frac{1}{4,61}$ du poids du projectile, soit donc 3 450 grammes pour une poudre qui permettrait d'obtenir le rendement maximum de la charge. Or, d'après les considérations émises au début de ce travail, il résulte que, pour la poudre à gros grains, on est contraint d'augmenter le poids de la charge de 17 p. 100 au moins, ce qui conduit en définitive à porter ce dernier à 4,1 kil.

La longueur d'âme correspondant à cette charge est alors d'environ $3^m,4$. La pression comporte 1 900 atmosphères.

Il est à présumer que l'affût pourra supporter cette charge ; du moins, l'expérience acquise avec le canon d'étude de 12^c semble l'indiquer. Mais il est cependant probable qu'au point de vue de la fatigue imposée à l'affût, la charge de 4 kil. devra être considérée comme un maximum qu'il ne conviendrait pas de dépasser.

Ainsi donc, par les considérations qui précèdent, on est conduit, dans ce cas, à diminuer le rendement de la bouche à feu jusqu'à 50 dynamodes par kil. de charge, c'est-à-dire d'une façon assez notable.

Si on disposait d'une poudre aussi progressive que la pré-

cédente, avec laquelle on pût atteindre une densité de chargement se rapprochant de l'unité et obtenir le maximum de rendement correspondant à ce calibre, la charge de 3,5 kilos suffirait pour obtenir le même effet qu'avec le modèle précédent et la longueur d'âme pourrait être réduite à $3^m,2$.

Quoi qu'il en soit, dans les deux cas considérés, l'efficacité de la bouche à feu dépassera amplement les exigences tactiques, car, sous l'angle de 35°, la portée atteindra encore 10 000 mètres à notre altitude moyenne.

Dans ces conditions, le poids du canon comporte environ 1 100 kil., poids qui correspond assez bien aux conditions de mobilité exposées plus haut.

La pression que produirait la charge de poudre possédant les qualités requises, n'étant que de 1 900 atmosphères, ce canon peut être fabriqué en *acier doux frettè* ou en *bronze-acier*.

L'usage de charges beaucoup plus fortes entraînerait une série d'inconvénients qui ne seraient pas compensés par une augmentation correspondante de l'efficacité de la bouche à feu. Mais si, malgré cela, *ce calibre devait fournir une trajectoire encore plus tendue et plus régulière et si les portées devaient être augmentées, il faudrait non-seulement avoir recours à une plus forte charge, mais aussi à des projectiles plus lourds de poids normal.*

Une bouche à feu de $10^c,5$ du genre considéré paraissant devoir être destinée à entrer pour une large part dans le nouvel armement projeté pour l'artillerie de position, à la suite des démarches du comité d'artillerie suisse, la maison Krupp a établi un premier modèle d'étude de ce calibre, modèle qui fut expérimenté déjà au mois de mars 1879 et une seconde fois au mois d'août lors des expériences à grande échelle qui eurent lieu à Meppen.

Mais à l'exception du poids du projectile, qui est le même, le modèle Krupp de $10^c,5$ a été établi dans des conditions entièrement différentes de celles qui ont été exposées plus haut. La chambre est disposée pour la charge

de 5 kil. et la longueur d'âme comporte seulement 2 574 millimètres. Or, une charge aussi forte doit nécessairement provoquer une fatigue excessive à l'affût. Pour l'utiliser, il faudrait une longueur d'âme de 4 mètres au lieu de $2^m,6$. Même pour la charge de 4 kil., ce modèle serait encore beaucoup trop court.

En effet, les résultats des expériences qui furent faites avec ce modèle ne correspondirent pas aux conditions recherchées ; mais elles n'en fournirent pas moins des données fort instructives. Avec la charge de $4^k,2$ *de poudre prismatique, et par conséquent avec la faible densité de chargement de* $1,5dm^3$ *par kilogramme de poudre, le projectile de* 16 *kil. atteignit une vitesse initiale de* 457 *mètres et la pression indiquée par le « crusher » fut de* 1960 *atmosphères.*

Cet essai confirme pleinement la justesse des principes qui ont servi de base à la déduction des données contenues dans le tableau sur les dimensions essentielles à donner aux bouches à feu.

En effet, puisque la pression obtenue se rapproche sensiblement de celle que nous avons déduite pour la charge de 4 kil. et que dans les conditions défavorables indiquées on a obtenu une vitesse de 457 mètres avec une faible densité de chargement, il est d'autant plus probable qu'en donnant à la bouche à feu les dimensions voulues on atteindra l'effet recherché.

Il ressort aussi de ces premiers essais, que l'affût supporte très-bien la pression indiquée et que sous l'angle de 35° le projectile a une portée de 9 050 mètres. Or, il convient de noter que le modèle de 12^c Krupp lance un projectile de même poids avec une charge de $3^k,4$ et une vitesse de 475 mètres à une distance de 8 000 mètres. *Cet exemple fait ressortir d'une manière frappante combien il importe de donner aux projectiles un poids proportionné à la vitesse acquise, si on a en vue des trajectoires régulières et étendues.*

Au reste, si nous sommes bien informés, la maison

Krupp a l'intention de construire un second modèle de ce calibre se rapprochant davantage des dimensions indiquées et qui selon toute probabilité correspondra mieux aux conditions voulues.

Le *calibre de* 12c est un intermédiaire entre ceux de 10c et de 15c. Il partage les défauts de l'un sans posséder les avantages de l'autre. Il est trop lourd pour pouvoir remplacer avantageusement le canon de 10c,5 et son effet contre des ouvrages en terre et des abris est trop faible pour qu'il puisse être substitué à un canon de 15c. Il n'y a donc pas lieu d'en faire le sujet de considérations spéciales. S'il figure dans le tableau, c'est afin que les données puissent servir de terme de comparaison avec les modèles existants.

Le *calibre de* 15c est généralement considéré comme étant celui qui convient le mieux, dans l'attaque et la défense des positions fortifiées, pour agir plus spécialement contre les parapets et les abris solides. Il va de soi que ce calibre a aussi une action très-efficace contre les troupes et pour le tir à démonter; mais comme ses munitions sont coûteuses et d'un transport plus difficile, il convient de n'en user dans ce but qu'à défaut d'autres pièces de plus petit calibre.

Pour agir contre les terres, les maçonneries et les abris, en un mot contre des buts résistants, on a recours à des projectiles très-lourds, contenant une forte charge d'éclatement; conditions qui réclament l'emploi de bouches à feu de fort calibre. Mais ici de nouveau la limite est tracée par le poids que la pièce ne doit pas dépasser pour rester encore suffisamment transportable sur des routes ordinaires. En général, on admet pour limite le poids de 5 500 kil. Il faut déduire de ce poids environ 2 500 kil. pour l'affût, en conséquence la bouche à feu ne doit pas peser plus de 3 000 kil.

La trajectoire doit procurer la faculté d'étendre le tir à shrapnel jusqu'à 4 500 mètres et le tir à obus jusqu'à 10 000 mètres sous l'angle de 35°.

Ainsi donc, ici aussi, la vitesse de 475 mètres est amplement suffisante si le poids du projectile est bien proportionné à cette dernière.

La bouche à feu correspondant à ces conditions est en effet du calibre de 15c. En profitant des données fournies par le tableau et en procédant d'une façon analogue au mode déjà suivi pour le choix d'un modèle d'une bouche à feu de 10c,5, on obtient les données essentielles suivantes :

Poids du projectile de 4,0 calibres.	45k
Poids de la charge	8 ,5 à 9
Longueur de l'âme.	3 800mm
Longueur totale de la bouche à feu	4 200
Poids	3 000k
Pression initiale	2 100 atmos.

Une bouche à feu de ce genre peut probablement être fabriquée aussi bien en bronze comprimé qu'en acier fretté.

Quand même le poids spécifique du bronze est plus élevé que celui de l'acier, il n'en résulte pas forcément que les canons de bronze-acier soient plus lourds que les canons en acier fretté. En effet, le frettage nécessite des épaisseurs totales de métal plus grandes que pour les canons en bronze coulé d'un seul bloc. C'est du moins le cas pour le canon Krupp de 15c, modèle de 1876. En conséquence, si pour des canons en bronze-acier ces épaisseurs sont bien choisies, on arrive facilement à un poids total qui ne dépasse pas celui des canons frettés en acier.

Toutefois une bouche à feu de ce modèle présente l'inconvénient d'être très-lourde et fort coûteuse.

Dans un pays aussi accidenté que la Suisse, où les ouvrages destinés à la défense du pays ne peuvent être armés qu'au moment d'une mobilisation, il importe de tenir grand compte de la mobilité du matériel.

D'autre part aussi, si on voulait employer des canons aussi coûteux partout où le calibre de 15c paraît indispensable, on courrait risque de réclamer du pays des sacri-

fices hors de proportion avec ses ressources. Ces considérations conduisent à rechercher un modèle de canon de même calibre qui puisse être substitué aux canons lourds de 15ᶜ dans tous les cas où les grandes portées indiquées plus haut ne sont pas d'une impérieuse nécessité. Les dimensions qu'indique notre tableau pour la vitesse de 400 mètres nous semblent satisfaire pour le mieux à ces considérations. Un modèle semblable en bronze ne pèserait guère plus de 1 700 kil. et l'affût 1 100 kil., ce qui donne un poids total de 2 800 kil. La limite de la portée utile du tir à shrapnel serait de 3 000 mètres et celle du tir à obus de 6 500 mètres. Le prix de cette bouche à feu ne comporterait guère plus de la moitié de celui d'un canon lourd en acier fretté.

Les modèles de 15ᶜ que nous venons de considérer concernent seulement les *tirs de plein fouet*. Pour les *tirs plongeants* et *verticaux* à petites distances et à distances moyennes, il faut avoir recours *aux mortiers* ou aux *obusiers rayés*. Le choix d'un modèle est à la fois une question de poids et d'efficacité de projectile. Un mortier rayé suffisamment mobile possédant une justesse de tir en portée analogue à celle du canon de même calibre est sans doute appelé à rendre de grands services, on peut même dire qu'il est devenu indispensable pour l'attaque de positions fortifiées vu que, à précision égale, le *tir en bombe* a toujours plus d'effet que les feux plongeants. Toutefois, afin de conserver au projectile un effet suffisant, on ne peut guère descendre au-dessous du calibre de 15ᶜ.

On a expérimenté dernièrement chez Krupp un modèle de mortier rayé de ce genre, qui semble fort bien satisfaire à la fois aux conditions de mobilité et d'efficacité qu'on peut attendre de ce calibre. Cette bouche à feu, sans doute peu coûteuse, pourrait probablement suffire dans tous les cas où notre artillerie de position serait appelée à faire usage du tir en bombe.

Artillerie de siège.

L'*artillerie de siège*, par contre, doit pouvoir disposer d'engins encore plus puissants en vue de l'attaque des forteresses modernes. Il faut des projectiles encore plus lourds, possédant un grand effet de mine. Il convient donc de tirer le meilleur parti du poids le plus fort qui puisse être considéré comme suffisamment transportable sur des routes ordinaires, soit environ 5 500 kil. A cet effet, la vitesse initiale de ces bouches à feu ne dépassant guère 250 mètres, il y a avantage, pour un poids de l'ensemble donné, à réduire la longueur du projectile à 2 calibres et à augmenter le plus possible le calibre de celui-ci afin d'obtenir une plus grande charge intérieure et de façon à ce que le projectile arrive au but par la pointe.

Artillerie de côte et de marine.

En ce qui concerne *l'artillerie de côte et de marine, les questions de poids et de longueur de la bouche à feu n'ont plus qu'une importance secondaire;* on a une latitude suffisante pour retirer de chaque calibre toute la puissance dont il est susceptible. Cette condition est devenue même d'une nécessité absolue, parce qu'elle permet d'augmenter encore considérablement l'effet des calibres en usage avant que de passer à des constructions plus gigantesques. Au reste, il est un fait certain, c'est que, *pour une pression donnée, reconnue comme admissible en ayant égard au degré de résistance et de sécurité que présente le mode de fabrication de la pièce, le poids total de la bouche à feu sera le mieux utilisé si l'effet utile de la charge atteint son maximum.* C'est-à-dire que la limite de la puissance de chaque calibre dépend en premier lieu de la pression que la bouche à feu peut supporter avec des garanties de sécurité et de durabilité suffisantes. Cette pression dépend du mode de fabrication et

ne peut être déterminée avec certitude que par la voie expérimentale.

Les expériences faites au polygone Krupp fournissent à ce sujet de précieux renseignements. Ce sont du moins les plus complets que nous possédions. Il paraît en résulter que la qualité des matériaux et les perfectionnements apportés à leur mode de fabrication rendent les bouches à feu de ce système susceptibles de supporter des pressions de plus de 3 000 atmosphères. Toutefois, il est bon de remarquer que le nombre de coups tirés avec des pressions aussi fortes ne permet pas encore de conclure sur la durabilité de ces pièces, quoiqu'on soit autorisé à admettre qu'elles peuvent supporter un assez grand nombre de coups sans présenter des signes de dégradations sensibles.

Quoi qu'il en soit, il est certain que ces bouches à feu peuvent résister à des efforts supérieurs à ceux que comporteraient les calibres considérés dans le tableau et qui seraient construits pour fournir des vitesses de 500 mètres. Il est aussi probable que même les canons du plus gros calibre pourraient être établis dans des conditions analogues.

En établissant pour les gros calibres de l'artillerie de marine et de côte un tableau dans le genre de celui qui précède, on ferait ressortir combien la puissance des canons de gros calibre de ces artilleries est encore susceptible d'accroissement. Mais cette question nous entraînerait hors du cadre que nous nous sommes proposé dans cette étude. Nous nous bornerons à citer deux exemples qui suffiront pour élucider la question. Dans ce but nous choisirons les calibres de 15^{c} et de 40^{c}.

Il ressort de notre tableau qu'un canon long de 15^{c} possédant une longueur d'âme de 5,10 mètres peut lancer un projectile de 60 kil. avec une vitesse de 500 mètres. La charge est d'au plus 13 kil. et la pression de 2 400 à 2 500 atmosphères environ. En conséquence, la force vive du projectile comporte 765 dynamodes. Or, le nouveau mo-

dèle de 15ᶜ long expérimenté chez Krupp depuis le mois de décembre 1878 a une longueur d'âme de 3 780ᵐᵐ seulement ; il tire un projectile de 51 kil. avec une charge de 15,5 kil. La pression est de 2 690 atmosphères et la vitesse initiale de 509 mètres. Il en résulte que, malgré le surcroît de charge et de pression, le projectile atteint seulement une force vive de 672 dynamodes. Aussi le rendement par kilogramme de charge n'est-il que de 43 mètres, tandis qu'il pourrait atteindre 60 mètres. C'est-à-dire que *si on cherchait à utiliser le mieux possible la pression de* 2 700 *atmosphères en proportionnant les dimensions de la bouche à feu à la charge de* 15,5 *kil., ce calibre serait susceptible d'imprimer au projectile une force vive de* 1 000 *dynamodes, soit une fois et demie aussi grande que celle qui a été obtenue avec le modèle en question.* Malgré l'augmentation du poids qui résulterait de l'accroissement de la longueur de la pièce, *l'utilisation du poids total de la bouche à feu atteindrait aussi son maximum, parce que cette augmentation de poids est minime en comparaison de l'accroissement de la puissance du canon.*

On peut, du reste, s'en convaincre aisément en comparant les rendements des poids des bouches à feu des deux modèles. Ainsi un canon long de 15ᶜ, organisé pour la charge de 15,5 kil. d'après les principes énoncés, aurait une longueur d'âme de 5,8 mètres. Son poids total comporterait environ 4 700 kil. ; ce qui donne, pour une force vive totale de 1 000 dynamodes, *un rendement par kilogramme du poids du canon de* 213 *kilogrammètres, rendement qui n'a encore été atteint par aucun canon de gros calibre.*

Par contre, le modèle Krupp en question possède seulement un rendement de 160 kilogrammètres, par conséquent bien inférieur au précédent.

Le canon Krupp de 40ᶜ a une longueur d'âme de 8 710ᵐᵐ. Il lance avec une vitesse de 502 mètres un projectile de 777 kil. La charge pèse 205 kil. et produit une pression de 3 020 atmosphères.

En conséquence, la *force vive totale* dont est animé le projectile en sortant de l'âme comporte 9 992 dynamodes. Le rendement par kilogramme de charge n'est donc que de 47 dynamodes, au lieu d'à peu près 65,0, qui est le maximum que peut atteindre ce calibre, *c'est-à-dire que cette bouche à feu fournit à peine les trois quarts de la puissance que ce calibre serait susceptible d'atteindre si ses dimensions étaient bien proportionnées au poids de la charge.*

Ce résultat, peu favorable en lui-même au point de vue de l'utilisation du maximum d'effet que peut produire ce calibre, provient surtout de ce que l'expansion des gaz est insuffisante, et que la pression finale à la bouche est encore trop forte; c'est-à-dire que la bouche à feu est trop courte. Puis aussi, de ce que le projectile est trop léger relativement à la vitesse acquise.

Pour tirer le meilleur parti de la pression indiquée, il conviendrait probablement de réduire la charge à 200 kil., de porter le poids du projectile à 1 000 kil. et d'allonger l'âme de 4 mètres. De cette façon le projectile plus lourd serait lancé avec la même vitesse de 502 mètres, et, malgré l'augmentation du poids de la bouche à feu qui résulterait de son allongement, le rendement par kilogramme du poids du canon serait porté à environ 170 kilogrammètres, la force totale vive étant de 13 500 dynamodes, tandis que le modèle Krupp présente un rendement du poids de la bouche à feu de 139 kilogrammètres seulement.

Or, *un canon possédant ces dimensions surpasserait de beaucoup tous ses compétiteurs, même ceux qui ont un calibre encore plus fort.* Ainsi le canon Armstrong de 45^{c}, soit de 100 tonnes, imprime à son projectile une force vive d'au plus 12 770 dynamodes.

Cette supériorité s'accusera d'autant plus par l'effet de pénétration, parce que, la section du projectile étant moindre, la force vive par centimètre carré de section et de circonférence sera d'autant plus grande, et en second lieu, parce que, le pro-

jectile conservant mieux sa vitesse, cette supériorité s'accroîtra rapidement avec la distance.

Ces deux exemples suffisent pour démontrer combien il importe pour l'artillerie de côte et de marine de donner à chaque calibre des dimensions suffisantes afin d'en retirer tout l'effet dont ils sont susceptibles.

COMPARAISON DES DIVERS SYSTÈMES DE BOUCHES A FEU.

Après l'exposé qui précède, il y a lieu de compléter ces notes par une étude comparative des divers modèles de bouches à feu en usage ou à l'étude. Pour simplifier, nous ferons usage de tableaux contenant, pour chaque modèle, le calibre, le poids du projectile et de la charge, la vitesse initiale, la longueur d'âme, la densité de chargement, l'expansion et le rendement de la charge obtenus, et comme terme de comparaison, le maximum du rendement que la charge peut atteindre quand la bouche à feu et le projectile sont proportionnés à la charge dans les conditions indiquées.

La comparaison du rendement effectif, obtenu avec le rendement maximum indiqué, permet d'apprécier la valeur de chaque modèle. Si la différence est notable, c'est-à-dire *si le modèle considéré ne donne pas tout le rendement dont il est susceptible, la cause doit en être attribuée à une dimension de longueur d'âme défectueuse, à une quantité de poudre peu convenable, à une densité de chargement insuffisante, ou enfin à un défaut de proportion entre le poids du projectile et la vitesse acquise.*

A l'aide des données qui précèdent, on détermine aisément les modifications à apporter à chaque modèle, considéré en vue du meilleur parti à retirer du degré de pression et de la charge reconnue comme admissible. Toutefois, si ces modifications entraînent une augmentation considérable du poids du projectile, il y a lieu de tenir compte de l'accroissement qui doit nécessairement en résulter si on

TABLEAU COMPARATIF

CALIBRE.	DATE du modèle.	PROJECTILE.	CHARGE.
			CANONS
		kilogr.	grammes.
8c,4 en bronze	1871	5,6	840
8c,4 Krupp	1878	6,23	1 400
10c,5 acier	1866	7,8	1 060
10c,5 modifié	1866	11,0	1 600
12c en bronze	1867	14,2	1 060
12c Krupp d'étude	1876	16,4	3 200
15c obusier, 1er modèle	1876	2,8	1 500
15c obusier, modèle modifié	1878	2,8	2 500
15c Krupp d'étude	1876	31,3	6 500
			CANONS
79mm modèle d'étude	1873	4,5	1 040
80mm acier fretté	1877	5,6	1 500
90mm »	1877	8,0	1 900
95mm »	1875	10,84	2 100
120mm »	1879	17,8	4 500
155mm »	1879	4,0	9 000
			CANONS
7c,5 bronze-acier	1875	4,3	950
8c,7 »	1875	6,4	1 500
12c »	1878	16,7	4 000
14c »	1878	38,8	8 000
			CANONS
7c,5 bronze Rosset	1873	4,5	850
8c,7 Krupp	1876	6,8	1 450
			CANONS
7c,8 Krupp	1873	5,1	1 250
8c,8 »	1873	7,0	1 500
12c bronze-acier	1879	15,3	3 000
15c Krupp	1873	27,8	6 200
			NOUVEAUX MODÈLES
8c,7 de marine	1879	10	3 500
9c,6 de campagne	1879	12	2 700
10c,5 de position	1879	16	4 200
15c long	1878	51	15 500
21c obusier	1876	91	7 250
24c long	1879	160	75 000
28c obusier	1879	216	19 000
35c,5 canon	1877	525	115 000
40c canon	1879	777	205 000

DES BOUCHES A FEU.

VOLUME de chambre par kilogr. de poudre.	LONGUEUR D'AME. en millimètres	LONGUEUR D'AME. en calibres.	VITESSES initiales.	RENDEMENT en force vive par kilogr. de charge obtenu.	RENDEMENT en force vive par kilogr. de charge maximum.	EXPANSION.
SUISSES.						
1,333	1 860	22,1	390	50,4	56,0	6,4
1,30	1 908	22,7	464	45,5	56,0	4,65
1,55	1 920	18,3	380	51,4	58,4	6,23
1,45	1 920	18,3	400	56,0	58,4	6,28
»	1 896	15,8	275	51,6	60,0	»
1,21	2 600	21,5	474	58,7	60,0	5,4
2,73	1 842	12,3	240	54,2	62,0	»
1,453	1 842	12,3	320	60,0	62,0	4,9
1,20	3 200	21,0	482	57,1	62,0	4,8
FRANÇAIS.						
»	2 000	25 1/2	500	55,1	55,9	»
»	2 122	26,5	490	46,4	55,9	»
»	2 100	23,3	455	44,5	56,8	»
1,4	2 270	23,9	443	51,6	57,4	»
»	2 880	24,0	480	46,4	60,0	»
»	3 730	24,0	464	48,6	62,0	»
AUTRICHIENS.						
»	»	»	423	41,4	55,8	»
»	»	»	418	43,7	56,6	»
»	»	»	492	51,5	60,0	»
»	»	»	450	50,1	62,0	»
ITALIENS.						
»	»	»	450	54,7	55,8	»
»	»	»	450	48,4	56,6	»
ALLEMANDS.						
»	1 885	24,0	465	45	55,8	»
»	1 865	21,2	444	47	56,7	»
»	2 360	19,7	450	53	60,0	»
»	»	»	485	54	62,0	»
DE CANONS KRUPP.						
1,3	4 085	47,0	557,5	5,3	56,6	4,26
1,1	2 260	23,5	452	46,4	57,3	4,27
1,5	2 574	21,5	456,6	40,5	58,4	3,1
1,17	3 780	25,2	508,6	44,8	62,2	3,44
»	2 032	9,7	300 ?	57,7 ?	64,0	3,1
1,2	5 410	22,5	576,6	36,0	65,0	3,3
1,2	2 525	9,0	311	61,5	65,0	3,4
1,00	7 740	21,8	502	58,5	65,0 ?	4,3
1,16	8 710	21,8	502	48,7	65,0 ?	4,0

conserve la même charge. Ce cas se rapporte surtout aux gros calibres qui supportent des pressions se rapprochant de la limite qui ne doit pas être dépassée. Pour les petits calibres et les calibres moyens, les pressions en usage restent encore bien au-dessous de cette limite; en raison du degré de résistance que présentent les nouveaux modes de fabrication, il reste à cet égard une assez grande latitude pour assurer aux bouches à feu des garanties de sécurité suffisantes. L'accroissement de pression n'entre en considération qu'au point de vue de la fatigue supportée par l'affût et de l'amplitude du recul.

Dans la critique suivante des données fournies par le *tableau comparatif des bouches à feu,* nous nous bornerons, pour abréger, à considérer seulement les modèles des canons suisses et des canons Krupp, comme étant ceux sur lesquels nous possédons les données les plus complètes.

Modèles de canons suisses. Les canons, dans lesquels la charge est la mieux utilisée, sont : le *modèle d'étude de* 12^{c} Krupp, l'*obusier rayé de* 15^{c}, *deuxième modèle,* et le *canon modifié de* 10^{c},5. Ils n'atteignent pas tout à fait le maximum de rendement, le premier en raison du poids insuffisant du projectile, les deux autres à cause de la faiblesse de la densité de chargement, la chambre étant un peu trop grande pour la charge en usage.

Les modèles qui laissent le plus à désirer sont le *canon de campagne de* 8^{c},4, *modèle Krupp,* l'*obusier de* 15^{c}, *premier modèle,* et le *canon fretté de* 15^{c}, *modèle Krupp.* Les causes de ces défauts de rendement se déduisent aisément des considérations développées précédemment.

Ainsi, on reconnaît bientôt que le 8^{c},4 atteindrait la même vitesse initiale avec une charge de 1200 grammes seulement, mais de poudre bien appropriée à ce calibre, et une longueur d'âme de 24 calibres. Enfin le poids du projectile est un peu faible.

L'obusier de 15^{c}, *premier modèle,* malgré sa longueur d'âme, utilise mal l'effet de la charge. La cause réside

dans les dimensions disproportionnées de la chambre dont le volume suffirait pour une charge de $3^k,5$ au lieu de $1^k,5$.

Le deuxième modèle de cette bouche à feu possède les mêmes dimensions extérieures, mais l'organisation de l'âme et le tracé des projectiles ont été modifiés. Aussi la charge donne-t-elle presque tout l'effet dont elle est susceptible.

Le canon de 15^c *système Krupp* lance un projectile trop léger, ainsi qu'il a déjà été dit plus haut en parlant de ce calibre.

L'ancien canon de $8^c,4$ *en bronze* ne peut pas supporter de plus forte charge sans qu'il se produise des agrandissements permanents des diamètres de l'âme. Cependant, grâce aux perfectionnements apportés au profil de l'emplombage des projectiles, la justesse du tir de cette bouche à feu a été considérablement augmentée.

Toutefois il est regrettable que, lors de la fabrication de ces pièces, la Suisse n'ait pas mis à profit les perfectionnements apportés au traitement du bronze par la méthode du coulage en coquille, introduite à la même époque par le général Rosset à la fonderie de Turin.

Grâce à ces perfectionnements, la Suisse eût été en mesure, ainsi que ce fut le cas en Italie pour les canons en bronze de $7^c,5$, de renforcer la charge. De cette façon, ce système de bouche à feu aurait conservé toute sa valeur et serait resté à la hauteur des nouveaux modèles qui ont surgi depuis sa création.

Anciens canons en acier de $10^c,5$ *modifiés* pour artillerie de position. La charge de 1 600 grammes est bien proportionnée aux dimensions de la pièce, puisque le rendement atteint presque son maximum. Mais il est probable que la poudre employée donne des pressions beaucoup plus élevées que celles indiquées dans le tableau.

Les canons de 12^c *en bronze* peuvent supporter une charge analogue à celle du $10^c,5$ modifié, à la condition de substituer à la fermeture actuelle à double coin, la fermeture à coin unique système Broadwell.

Cet accroissement de charge aurait surtout en vue l'augmentation de la portée du *tir à shrapnel*. Quant au *tir à obus*, les perfectionnements apportés à l'emplombage des projectiles ayant procuré à ce tir une justesse remarquable, même supérieure à celle des nouveaux canons en acier fretté et telle que, à la distance de 3 500 mètres, ces bouches à feu peuvent être utiles pour *le tir à démonter*, il y a tout intérêt à conserver la charge d'ordonnance.

Nouveaux modèles de canon Krupp. Sauf le *canon de* 35c,5 *et les obusiers de* 21c *et de* 28c, tous les autres modèles s'écartent considérablement du maximum de rendement qu'ils pourraient atteindre, quoique *en général les poudres employées soient bien appropriées aux bouches à feu. La cause réside surtout dans l'insuffisance de l'expansion et de la longueur d'âme*, ainsi que nous l'avons déjà démontré au sujet des calibres de 10c,5, de 15c long et de 40c. *C'est à plus forte raison le cas pour le canon de* 24c *long qui n'atteint que la moitié de sa puissance.*

Le canon de 40c *a bien reçu la même longueur d'âme en calibres que le canon de* 35c,5; *mais cette identité de longueur n'implique pas celle de l'expansion.* En effet pour le premier calibre cette expansion est seulement de 4,0 tandis que pour le second elle comporte 4,8. Or pour l'un et l'autre, l'expansion normale serait environ de 5,2.

Les obusiers de 21c *et de* 28c atteindraient aisément leur maximum de puissance avec l'expansion de 4,8.

Quant à l'organisation intérieure de l'âme et au mode de forcement des projectiles de ce système de bouches à feu, on retrouve toutes les dispositions qui caractérisent les progrès de l'artillerie rayée dans la dernière période de son développement, dispositions qui sont dues en majeure partie aux études de l'artillerie de marine française et du comité d'artillerie de ce pays. En effet, *le mode de forcement des projectiles à l'aide de ceintures de cuivre, l'usage d'une seule ceinture de forcement, l'adoption des rayures multiples à pas progressifs, l'emploi du frettage des bouches à feu*

sont autant de traits caractéristiques que présentaient déjà la plupart des modèles de canons établis en France dès 1870 *à* 1874, pour les études qui précédèrent la création du nouveau matériel d'artillerie. Or les premiers canons Krupp et des autres pays qui présentent ces dispositions sont tous d'une date plus récente.

Il n'est que juste de reconnaître combien les savantes études de l'artillerie de marine française ont, dès le début, largement contribué au développement de l'artillerie rayée.

Quoi qu'il en soit, *les canons Krupp* présentent aussi sous tous les autres rapports des propriétés remarquables, tant au *point de vue de la fabrication des bouches à feu, de la justesse du tir, de la bonne qualité des poudres et des projectiles que de la construction des affûts.*

CONCLUSION.

Les considérations qui précèdent ont essentiellement pour but, de faire ressortir le fait *que les principes qui régissent les dimensions les plus convenables à donner aux divers systèmes de bouches à feu, ne sont pas encore suffisamment définis. Que le développement de la puissance de l'artillerie rayée n'est pas encore arrivé à son terme et qu'on peut s'attendre, dans un avenir prochain, à voir surgir de nouveaux modèles de canons encore plus puissants que ceux que présente l'artillerie actuelle.*

ARTILLERIE ITALIENNE

(Extraits du *Giornale di Artigliera e Genio*.)

MATÉRIEL DE CAMPAGNE.

[*Suite*] (1).

Expériences ayant pour but l'adoption d'un shrapnel.

(Par le capitaine de l'artillerie italienne CORNARA.)

(PL. VII.) (2)

Les études relatives au choix d'un shrapnel, destiné au canon de 9c ARC (Ret.), remontent à la fin de l'année 1875. Pour l'établissement du premier modèle (fig. *A*) on avait posé les conditions suivantes :

1° Donner au shrapnel le même poids qu'à l'obus.

2° Employer pour son chargement les balles en plomb durci de 14mm, déjà adoptées pour le chargement du shrapnel de 7c et du canon de 9 se chargeant par la bouche, de préférence aux balles de 16mm dont on faisait usage pour les shrapnels de 12.

3° Utiliser la fusée à temps, adoptée depuis sous le nom de fusée mod. 1876 (3), pour les shrapnels des canons de 9 et 12, ancien modèle.

4° Le shrapnel devant être forcément plus court que l'obus, disposer les cordons de cuivre sur le shrapnel de telle façon que le volume de la chambre reste cependant sensiblement le même dans les deux cas.

(1) Voir *Revue d'artillerie*, janvier 1880, t. XV, p. 297.
(2) Cette planche est contenue dans la livraison de janvier 1880.
(3) Voir *Revue d'artillerie*, t. X, p. 469.

En ce qui concerne le poids des balles, l'expérience avait, en effet, montré que les balles de 14^{mm}, employées pour le shrapnel de 7^{c}, conservaient jusqu'aux plus grandes distances auxquelles on pouvait utiliser ce projectile, une puissance de choc plus que suffisante pour mettre hors de combat hommes et chevaux. Avec la nouvelle bouche à feu de 9^{c}, la vitesse initiale et par suite les vitesses restantes devant être plus grandes, on pouvait admettre que l'on obtiendrait encore de meilleurs résultats. Du reste, avec des balles de 16^{mm}, la puissance effective du shrapnel, qui dépend aussi en grande partie du nombre de balles qu'il renferme, aurait été beaucoup trop réduite, car dans les mêmes conditions de chargement on avait calculé qu'au lieu de 155 balles de 14^{mm}, on ne pourrait loger que 100 balles de 16^{mm}.

Avant de commencer les expériences en grand pour lesquelles on devait disposer de 200 shrapnels, on ne fit tout d'abord fabriquer que 10 projectiles; les expériences préliminaires auxquelles ces projectiles seraient soumis, pouvant conduire à apporter quelques modifications au premier modèle, dont voici les principales données :

Poids du projectile vide	3^{k},001
Poids, y compris les balles, mais sans charge intérieure et sans fusée.	6 ,096
Poids de la charge de poudre à fusil . . .	0 ,017
Nombre de balles	170 à 174
Poids de la fusée	0^{k},360
Poids total du shrapnel chargé, environ. .	6 ,470

Ce poids était encore inférieur de 330 grammes à celui de l'obus, bien que le nombre de balles fût supérieur à celui que l'on avait admis dans le projet.

Il s'agissait, dans les expériences préliminaires auxquelles on allait soumettre ces quelques projectiles, de s'assurer d'un côté que les parois, et surtout le culot, avaient une épaisseur suffisante pour résister au tir, la vitesse initiale étant de 460 mètres environ, et de l'autre que cette

enveloppe se briserait régulièrement dans le tir. En conséquence, on fit éclater un shrapnel dans le puits d'éclatement, puis on en tira cinq lestés contre un panneau, placé à la distance de 1 500 mètres, pour déterminer approximativement la hausse, la durée du trajet et la puissance du tir ; enfin, les quatre qui restaient furent chargés et armés d'une fusée, puis tirés à la même distance de 1 500 mètres sur une cible représentant le front d'un peloton de cavalerie. Avec un nombre de coups aussi restreint, il n'était pas possible de régler convenablement la durée de combustion de la fusée, aussi ce dernier tir ne pouvait fournir que des éléments trop incomplets pour qu'on pût apprécier les effets produits par ces shrapnels. On ne put donc tirer, d'une façon générale, de ces premiers essais, que les conclusions suivantes : le shrapnel essayé résistait bien au choc au départ, l'enveloppe se brisait régulièrement, enfin en le considérant comme projectile plein, son tir était assez juste.

On se décida alors à établir un second modèle (fig. *B*), en conservant presque sans changement la même épaisseur des parois, mais on augmenta la hauteur totale du projectile de 15^{mm}, de façon à accroître la capacité intérieure et pouvoir augmenter le nombre des balles. En même temps, dans le but de mieux assurer la résistance des parois à hauteur des encastrements des cordons, on renforça en ces points leur épaisseur, enfin, on donna à l'ogive une forme plus effilée.

Poids de shrapnel non chargé.	$3^k,340$
Nombre de balles	180
Poids total du shrapnel chargé	$6^k,900$

On en fit fabriquer 20 de ce nouveau modèle, qui furent essayés de la même façon que les premiers. Les résultats obtenus ayant été reconnus satisfaisants sous tous les points de vue, on se décida à faire fabriquer les 170 autres d'après le même modèle, bien que leur poids dût

dépasser quelque peu (100 grammes en moyenne) celui que l'on s'était fixé tout d'abord. Le poids des shrapnels provenant de cette deuxième fabrication se trouva même encore accru et atteignit presque 7 kil., chaque shrapnel ayant pu recevoir 5 balles de plus en moyenne. On résolut de tirer 70 de ces shrapnels, sans charge intérieure, comme projectiles lestés, contre une cible carrée en toile de 10 mètres de côté, afin de déterminer la hausse, la durée du trajet et la justesse du tir, correspondant aux distances de 500, 1 000, 1 500, 2 000 et 2 500 mètres. Les 100 projectiles restants, chargés et armés de la fusée à temps, mod. 1876, devaient être ensuite tirés aux mêmes distances, contre trois rangées de panneaux, placées à 20 mètres d'intervalle l'une derrière l'autre; chaque rangée ayant 3 mètres de haut sur 30 de large.

On devait, en outre, en relevant, à l'aide de la chambre noire, le point d'éclatement de chacun des projectiles, s'assurer de la régularité du fonctionnement de la fusée.

Les nouveaux essais ne donnèrent que des résultats fort peu satisfaisants, au point de vue de la justesse qui fut bien inférieure à celle de l'obus ordinaire. On ne savait guère à quoi attribuer cette infériorité, et comment y porter remède; on suppose que le projectile devait être mal équilibré, c'est-à-dire que les positions respectives du centre de gravité et du centre de résistance n'étaient pas convenablement déterminées. Dans cette hypothèse on prit 15 de ces projectiles dont on modifia au tour le tracé de l'ogive en portant de 70 millimètres à 110 le rayon de l'arc générateur (fig. *C*). Pour 14 autres on remplaça, par une couche de plâtre ayant même hauteur, les deux couches de balles intérieures. Ces deux modifications avaient l'une et l'autre pour but de rapprocher les deux centres.

En outre, le poids du projectile se trouva ainsi diminué, et, par conséquent, se rapprocha de celui de l'obus ordinaire, ce qui était déjà un avantage. Les shrapnels modifiés par la première méthode ne pesaient plus, tout char-

gés, que $6^k,860$, et les autres $6^k,820$, mais ces derniers ne contenaient que 170 balles.

On tira les 29 shrapnels ainsi modifiés et seulement lestés à la distance de 2000 mètres, contre une cible en toile. Les résultats obtenus furent très-satisfaisants au point de vue de la précision du tir, surtout avec les shrapnels dans lesquels on avait remplacé les balles par une couche de plâtre. La largeur des bandes horizontales et verticales, contenant la moitié des coups, fut respectivement de $0^m,81$ et $1^m,12$, tandis qu'avec ceux dont on avait tourné l'ogive, elle était de $1^m,80$ et $1^m,42$, dimensions qui se rapprochaient sensiblement des résultats obtenus dans le tir à obus, soit $1^m,29$ en hauteur et $1^m,37$ en largeur.

Dans la fabrication courante, l'emploi du plâtre ou de toute autre matière légère devait compliquer le chargement et le rendre moins régulier; de plus, le nombre des balles se serait trouvé notablement diminué; enfin, on ne pouvait garantir que dans les transports un pareil chargement ne s'altérerait pas. Aussi on se décida à donner la préférence au shrapnel à ogive modifiée, tout en se réservant d'apporter à son chargement les modifications que l'on venait d'essayer dans le cas où l'on n'obtiendrait pas de résultats assez satisfaisants.

400 shrapnels furent donc fabriqués, d'après le tracé de la figure *C*; 100 d'entre eux furent immédiatement chargés à la façon ordinaire, pour quelques autres on commença par couler au fond une couche de plâtre.

Les premiers tout chargés pesaient $6^k,800$, et les seconds $6^k,420$ seulement, le nombre de balles était respectivement de 184 et 153, à deux ou trois balles près.

On exécuta de nouveau un tir de justesse avec les shrapnels dans lesquels il n'y avait pas de couche de plâtre, et on obtint les résultats suivants :

A 1000 mètres, largeur de la bande contenant la moitié des coups, $0^m,31$, hauteur $0^m,32$.

A 1 500 mètres, largeur de la bande contenant la moitié des coups, $0^m,98$; hauteur, $1^m,04$.

A 2 500 mètres, largeur de la bande contenant la moitié des coups, $2^m,63$; hauteur, $2^m,07$.

Comparés à ceux obtenus à Dülmen avec l'obus ordinaire, ces résultats montraient que la marche du projectile dans l'air était parfaitement régulière et sa justesse satisfaisante.

Dès lors, les essais à faire avec les shrapnels qu'on avait allégés, en remplaçant des balles par une couche de plâtre, ne semblaient plus avoir aucune utilité. Néanmoins, on en tira 30 à la distance de 2500 mètres et 15 à 1 500 mètres. A la plus grande de ces distances, la justesse du tir fut la même que pour les précédents, mais, en revanche, à la plus petite distance, elle fut inférieure, les bandes contenant la moitié des coups mesuraient en hauteur $2^m,17$ et $1^m,53$ en largeur. En faisant la section de quelques-uns de ces shrapnels, retrouvés après le tir, on s'aperçut que les balles avaient été versées avant que le plâtre fût suffisamment durci, et que quelques-unes étaient tombées au fond. On renonça dès lors à modifier ainsi le chargement intérieur.

On continua les essais avec les autres shrapnels, après avoir complété leur chargement par la mise en place de la charge intérieure et de la fusée ; on les tira d'abord aux trois distances de 1 000, 1 500 et 2 000 mètres, puis aux distances intermédiaires. On obtint les résultats inscrits dans le tableau de la page suivante.

Comme on le voit, la distance du point d'éclatement à la première rangée de panneaux fut assez peu régulière ; malgré cela, les résultats obtenus pouvaient être regardés comme satisfaisants. Quant au manque de régularité dans la durée de combustion de la composition fusante, on l'attribua à ce que pendant le transport de Turin au polygone, les fusées mal protégées contre la pluie avaient dû absorber de l'humidité. Soit dit même en passant, bien que cela

DISTANCE.	NOMBRE des coups d'essai.	NOMBRE des coups de série.	HAUSSE.	DÉRIVE.	GRADUATION de la fusée.	DISTANCE moyenne du point d'éclatement en avant de la 1re rangée.	HAUTEUR moyenne du point d'éclatement.	DISPERSION longitudinale moyenne des points d'éclatement	NOMBRE MOYEN D'ATTEINTES par projectile sur la 1re rangée.	2e rangée.	3e rangée.	sur les 3 rangées.
			millim.	millim.	millim.	mètres.	mètres.	mètres.				
Première série de tirs :												
1 000	»	10	29	0	26	39,7	3,8	38,7	72	90	57	219
1 500	»	15	51	3	47 à 50	42,0	5,0	21,7	44	73	45	162
2 000	5	20	76	0	71	44,5	6,6	38,7	53	59	45	157
Deuxième série de tirs :												
600	»	10	14	»	10	36,0	1,8	18,0	69	45	48	162
1 000	1	15	30	»	24	49,0	1,9	33,0	73	49	51	173
1 400	2	20	47	1	41	75,0	3,7	25,0	53	41	24	118
1 800	1	20	67	2	60	33,0	3,3	25,0	80	61	48	189
2 200	6	25	89	3	76	53,0	7,6	34,0	44	42	36	122
2 600	5	30	116	7	95	52,0	11,5	38,0	39	35	16	90

ne se rapporte pas à la question actuelle, il fut décidé, pour remédier à cet inconvénient, qu'on boucherait avec une petite rondelle mince d'étain le trou de dégagement des gaz ménagé dans la tête de la fusée; au moment de l'inflammation, cette petite rondelle est projetée presque aussitôt et la durée de combustion ne se trouve nullement modifiée.

Le shrapnel qui se rapprochait le plus, par son calibre et par son poids, du shrapnel essayé en Italie, était le shrapnel autrichien de 8c,7 expérimenté avec succès au polygone du Steinfeld en novembre 1875. On chercha donc à comparer les résultats obtenus avec ces deux projectiles dans des conditions aussi identiques que possible, et, pour cela, on forma le tableau suivant :

SHRAPNEL.	POIDS.	DISTANCE.	NOMBRE des atteintes par projectile.			
			1re rangée.	2e rangée.	3e rangée.	Total.
		mèt.				
Autrichien.	7k,070	1 517	60,6	63,7	42,2	166,5
Italien.	6 ,820	1 500	44,0	73,0	45,0	162,0
		1 800	80,0	61,0	48,0	189,0

Dans les expériences faites en Autriche, chaque rangée de panneaux avait 36 mètres de large sur 2m,70 de haut, tandis que dans celles exécutées en Italie, elles n'avaient que 30 mètres sur 3 mètres. Dans les deux cas, l'intervalle entre les rangées était de 20 mètres.

Étant ainsi démontré que le shrapnel essayé n'était pas inférieur comme effets à ce que l'on devait exiger d'un projectile de ce poids et de ce calibre, on se décida à l'adopter provisoirement, de façon à pouvoir compléter l'approvisionnement en munitions des batteries de campagne.

On n'en continua pas moins les études et les expériences sur les shrapnels, en vue d'augmenter encore, si cela était

possible, leur puissance. On devait, entre autres choses, s'assurer s'il ne serait pas préférable, au lieu de mettre la charge dans un tube central, de la placer à l'arrière en adoptant un shrapnel à diaphragme.

En attendant le résultat de ces nouveaux essais, on procéda le plus rapidement possible à l'établissement des tables de tir ainsi qu'à la graduation de la fusée à temps modèle 1876. En effet, dans le but de simplifier le réglage de la fusée, il avait été décidé que cette graduation ne serait faite ni en secondes ni en millimètres, comme pour les shrapnels destinés aux canons de 9 et 12 se chargeant par la bouche, mais en distances, comme on l'avait déjà fait pour les shrapnels de 7c.

On mit à la disposition de la commission un canon dans un état de conservation parfait, et 400 shrapnels, dont 100, sans charge intérieure ni fusée, étaient lestés avec un mélange de sable et de sciure de bois, et munis d'un tampon en zinc ; leur poids était exactement le même que celui des shrapnels chargés en guerre.

Voici comment on devait employer les 100 projectiles lestés.

15 pour la mesure des vitesses initiales et des angles d'écarts initiaux ;
10 pour calculer les éléments du tir correspondant à la distance de 700 mètres ;
15 pour calculer les éléments du tir correspondant à la distance de 1 200 mètres ;
25 pour calculer les éléments du tir correspondant à la distance de 2 000 mètres ;
35 pour calculer les éléments du tir correspondant à la distance de 3 000 mètres.

Quant aux 300 autres shrapnels, chargés en guerre et armés de la fusée, ils devaient servir à établir pour les différentes distances la graduation de la fusée, et déterminer les données relatives aux effets produits par l'éclatement du projectile.

Comme dans les expériences précédentes, le but devait être représenté par trois rangées de panneaux de 30 mètres de large sur 3 mètres de haut placés à 20 mètres d'intervalle. Le nombre des projectiles tirés à chaque distance devait être fixé ainsi qu'il suit :

10	à la distance	de	500	mètres.
10	—	de	700	—
20	—	de	900	—
20	—	de	1 200	—
30	—	de	1 600	—
30	—	de	2 000	—
40	—	de	3 000	—
40	—	de	3 500	—

Les 100 coups restant après cette répartition devaient être utilisés soit comme coups d'essais nécessaires aux différentes distances pour régler le tir, c'est-à-dire corriger la hausse ou la graduation de la fusée de façon à avoir une hauteur et une distance d'éclatement convenables, soit pour recommencer l'une des séries si cela était jugé nécessaire. Chaque panneau fut partagé en bandes de $0^m,60$ de large sur $1^m,80$, correspondant chacune à un fantassin, et représenta ainsi un front de 50 hommes; d'autres bandes semblables, dessinées sur les mêmes panneaux et en tenant toute la hauteur représentaient un peloton de 25 hommes à cheval. Pour l'exécution de tous ces tirs, la pièce, sur affût modèle 1844 modifié, fut placée sur le sol naturel, on n'eut jamais recours aux freins pour diminuer le recul. Pour mesurer les vitesses initiales on se servit du chronographe Le Boulengé ; les cadres étaient placés respectivement à 20 et 60 mètres de la bouche ; en avant du premier cadre était interposé un écran en carton pour la mesure des écarts initiaux. Comme on devait s'y attendre, on obtint sensiblement les mêmes résultats que pour l'obus ordinaire, soit :

Vitesse à 40 mètres de la bouche .	$448^m,51$
Vitesse initiale.	454 ,77

De même, on obtint des tables de tir peu différentes de celles de l'obus ordinaire, on se dispensa d'y inscrire les vitesses restantes et les angles de chute qui ne sont d'aucune utilité pour le tir à shrapnel.

Dans le tir à shrapnels chargés, on régla la hausse et la fusée de façon à obtenir l'éclatement à 50 mètres environ de la première rangée de panneaux. A 3 000 mètres, même en donnant à la fusée sa durée maximum correspondant à 118 millimètres, il ne fut pas possible d'obtenir un intervalle moyen d'éclatement moindre que 90 mètres, intervalle beaucoup trop considérable eu égard surtout à la faible vitesse restante du projectile à une pareille distance. On fut donc forcé de limiter le tir du shrapnel à 2 800 mètres et d'exécuter un nouveau tir à cette distance. Le tableau de la page suivante résume tous les résultats obtenus en ne tenant pas compte des coups d'essai.

Par l'examen de ce tableau, on voit que l'action de la fusée est assez régulière aussi bien aux grandes distances qu'aux petites, et que ces variations sont comprises dans des limites assez restreintes. Ce fait que la régularité d'action de la fusée ne va pas en diminuant lorsque la distance augmente, c'est-à-dire lorsque la justesse de la bouche à feu décroît, a été confirmé depuis par d'autres expériences faites, soit avec les mêmes shrapnels de 9^{c} munis de fusées à temps modèle 1876 graduées en distances, soit avec des shrapnels de 9^{c} à diaphragme, soit enfin avec les nouveaux shrapnels de 7^{c} à diaphragme ou tube central, munis de cordons de cuivre, qui ont été essayés depuis. On a constaté que la dispersion longitudinale des points d'éclatement, indépendante de la distance, est de 26^{m},6 et non de 33 mètres, ainsi qu'il résulterait du tableau précédent; d'où l'on peut conclure, au point de vue pratique, que 50 p. 100 environ des éclatements ont lieu entre deux plans normaux aux plans de tir distants l'un de l'autre de 45 mètres, quelle que soit d'ailleurs la distance.

Avant de déduire de ces résultats les éléments néces-

DISTANCE.	NOMBRE DE COUPS.	HAUSSE.	DÉRIVE.	GRADUATION DE LA FUSÉE.	POINT moyen d'éclatement.		DISPERSION longitudinale des points d'éclatement.		NOMBRE D'ATTEINTES.								MOYENNE des atteintes par projectile.			
									1re rangée.		2e rangée.		3e rangée.		Sur les trois rangées.		1re rangée.		Sur les trois rangées.	
					Hauteur.	Intervalle.	Maximum.	Moyenne.	Infanterie.	Cavalerie.	Infanterie.	Cavalerie.	Infanterie.	Cavalerie.	Infanterie.	Cavalerie.	Infanterie.	Cavalerie.	Infanterie.	Cavalerie.
mèt.		mill.	mill.	mill.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.												
500	11	13	0	6	2,13	12,09	44,20	12,46	503	906	700	1 070	516	773	1 719	2 749	46	82	156	250
700	11	18	0	13	2,98	45,53	177,00	31,93	449	686	429	697	361	523	1 239	1 906	37	57	113	173
900	20	25	1	23	2,64	61,50	146,20	39,05	821	1 207	786	1 122	425	695	2 032	3 024	41	60	113	168
1 200	19	37	1	34	4,41	67,14	129,70	30,80	1 016	1 465	486	832	275	447	1 777	2 774	53	77	99	146
1 600	28	55	1	53	4,76	51,98	150,00	35,00	940	1 354	650	1 008	451	816	2 041	3 178	38	54	73	114
2 000	25	75	2	71	5,65	69,51	147,50	33,65	644	1 017	428	707	232	407	1 304	2 131	34	33	52	87
2 500	36	104	3	94	7,41	73,95	178,20	48,13	865	1 279	516	925	332	581	1 713	2 785	23	31	49	77
3 000	39	137	5	118	11,30	90,00	200,00	23,20	412	704	264	437	271	467	947	1 608	12	21	23	40
2 800	25	124	0	110	10,43	47,16	145,20	41,50	585	1 029	357	587	282	426	1 224	2 046	27	47	49	82

saires pour la graduation en distances de la fusée, il fallait fixer l'intervalle d'éclatement convenable pour chaque distance. On ne pouvait admettre que cet intervalle restât constant et indépendant de la distance, car, dans la pratique, les effets d'éclatement du shrapnel dépendent non-seulement du plus ou moins grand nombre d'atteintes, mais aussi de la dispersion des balles dans le sens latéral, dispersion qui peut atteindre une largeur maximum de 20 mètres. La profondeur de la zone battue, correspondant à cette dispersion latérale maximum, varie évidemment avec l'angle de chute et par suite avec la distance.

En se basant sur des considérations théoriques concernant la relation qui doit exister entre l'angle au sommet du cône de dispersion (1), la vitesse restante du shrapnel au moment de l'éclatement et l'intervalle d'éclatement, ainsi que sur les expériences déjà faites avec le shrapnel de 9c, on trouve que l'intervalle maximum d'éclatement devait être de 66 mètres environ, à 400 mètres, de 50 mètres à 1 500, et enfin de 37 mètres seulement à 2 800 mètres.

Mais la dispersion en portée des points d'éclatement étant en général de 27 mètres, la bande contenant 50 p. 100 des coups est de 45 mètres environ. Étant donné, l'intervalle de 37 mètres, il en résulterait, selon toute probabilité, que 16 p. 100 environ des shrapnels éclateraient au delà du but ; le nombre de projectiles perdus serait donc trop considérable.

On a donc dû augmenter cet intervalle d'éclatement, et l'on a admis que cet intervalle varierait depuis 70 mètres, pour les plus petites distances, jusqu'à 50 mètres seulement pour les plus grandes, dans ces conditions le nombre de

(1) Dans les tirs assez nombreux qui ont été exécutés non-seulement avec le shrapnel de 9c, mais aussi avec celui de même calibre à diaphragme, et avec les différents modèles de shrapnels de 7c, on n'a jamais pu établir d'une manière certaine l'existence de 3 cônes différents correspondant à la dispersion des balles au moment de l'éclatement. On a, au contraire, toujours remarqué que le nombre d'atteintes sur les cibles allait en diminuant peu à peu à partir d'un point central. De même, les observations qui ont été faites ne permettent pas d'affirmer que l'angle au sommet du faisceau de dispersion demeure sensiblement constant pour toutes les distances de tir.

shrapnels éclatant au delà du but ne dépasse pas 7 p. 100, ce qui est acceptable.

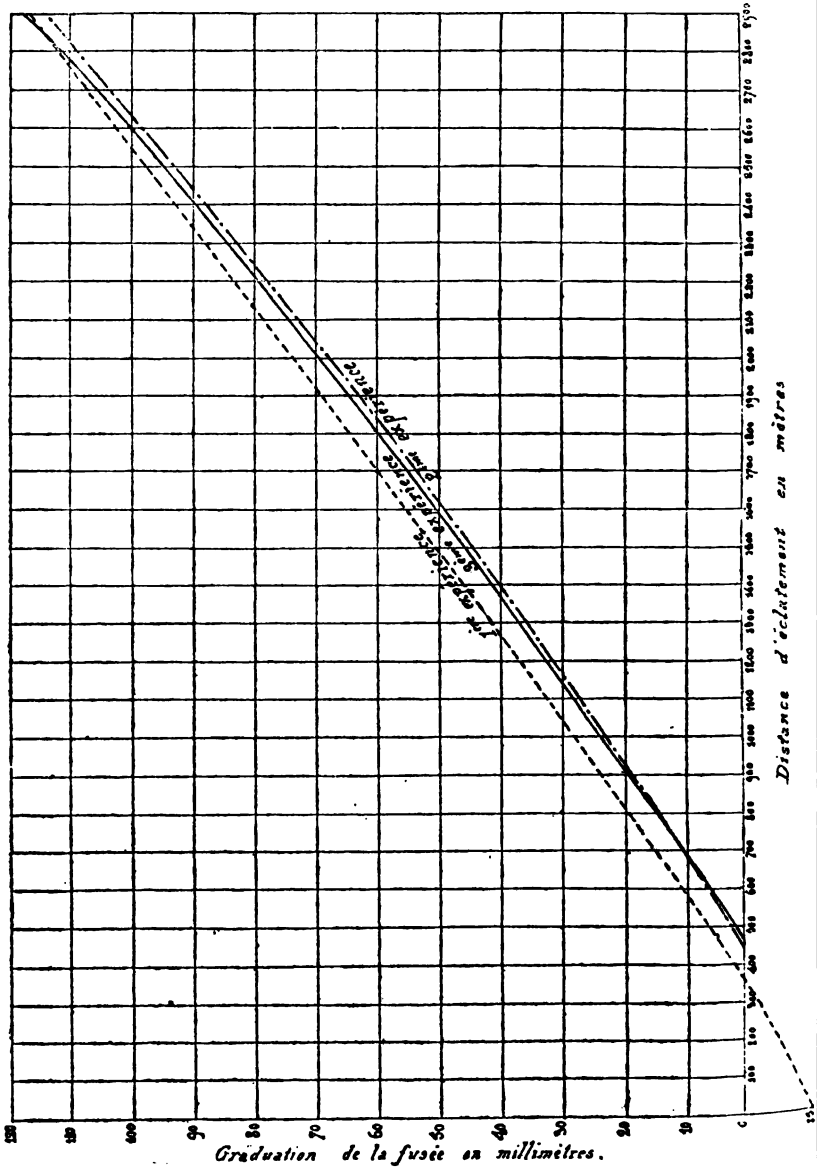
Quant à la hauteur d'éclatement, on l'a déterminée en supposant un intervalle constant de 50 mètres, quelle que fût la distance, ce qui a donné une approximation bien suffisante dans la pratique.

Étant ainsi déterminés, l'intervalle et la hauteur d'éclatement correspondant à chaque distance, on a eu recours, pour établir la graduation de la fusée, à la méthode graphique. On a tracé une courbe en prenant pour abscisses les distances du point moyen d'éclatement à la bouche de la pièce exprimées en mètres, et pour ordonnées les graduations correspondantes de la fusée exprimées en millimètres. La courbe ainsi obtenue a une très-faible courbure, et dans la pratique on peut la remplacer par une ligne droite. On peut en déduire qu'une variation de 1 millimètre dans la graduation de la fusée permet de déplacer le point moyen d'éclatement de 24 mètres environ.

Il s'ensuit que quand la fusée est à zéro, la distance du point moyen d'éclatement à la bouche à feu est égale à 345 mètres ; pour obtenir l'éclatement à la bouche même de la pièce, il faudrait que la fusée eût une graduation négative correspondante à 15 millimètres.

Avant de procéder à la graduation définitive en distances des petites plaques qu'on devait fixer sur le pourtour de la fusée, on se demanda si les fusées, dont on avait fait usage pour les dernières expériences, étant de fabrication récente, n'avaient pas dû donner une vitesse de combustion un peu trop grande, comparée à celle des fusées de fabrication plus ancienne. En conséquence, il fut décidé qu'on ferait un tir de contrôle avec des fusées de fabrication ancienne pour s'assurer de la régularité de la graduation ainsi fournie par le procédé graphique.

Les tirs de contrôle ont été exécutés aux mêmes distances, en ayant soin d'employer, pour chaque série, le même nombre de coups que dans les premières expériences.


Ligne expérimentale
Ligne théorique
Ligne expérimentale
Distance d'éclatement en mètres
Graduation de la fusée en millimètres.

Les nouveaux résultats obtenus permirent de tracer une seconde courbe, également de forme régulière, mais ne coïncidant pas avec la première. Les différences entre les deux graduations n'étaient pas constantes, comme on aurait pu s'y attendre, et puisque les expériences avaient été faites une première fois avec des fusées de fabrication trop récente, et la seconde avec d'autres fusées de fabrication trop ancienne, on ne pouvait donner la préférence à une courbe plutôt qu'à l'autre, ni prendre une courbe moyenne. On fut donc forcé, pour étudier le problème avec toute la précision désirable, d'exécuter un troisième essai en choisissant indistinctement des fusées fabriquées à diverses époques ; on obtint ainsi une troisième courbe.

Le tableau suivant permet de comparer les résultats obtenus dans les trois expériences.

DISTANCE de tir.	NOMBRE des coups par série.			GRADUATION de la fusée en millimètres.			INTERVALLE moyen d'éclatement.			DISPERSION longitudinale moyenne des points d'éclatement.		
	1re expérience.	2e expérience.	3e expérience.	1re expérience.	2e expérience.	3e expérience.	1re expérience.	2e expérience.	3e expérience.	1re expérience.	2e expérience.	3e expérience.
mètres.							mèt.	mèt.	mèt.			
500	12	10	10	6	0	0	12,1	27,8	45,6	12,5	13	32
700	12	12	»	13	9	»	15,5	77,6	»	31,9	35	»
900	20	19	»	23	18	»	61,5	58,0	»	39,0	21	»
1 000	»	»	20	»	»	22	»	»	58,6	»	»	41
1 200	20	20	»	34	30	»	67,1	41,9	»	30,8	17	»
1 600	30	28	20	53	47	50	52,0	39,5	32,3	35,0	29	30
2 000	30	30	30	71	66	68	69,5	58,5	28,0	33,6	27	36
2 500	40	40	»	94	91	»	73,9	59,6	»	48,1	44	»
2 800	28	40	30	110	106	108	47,0	54,7	56,4	41,5	29	49

Comme on devait s'y attendre dans les derniers essais, la régularité des fusées fut moindre que dans les précédents ; l'action du temps ayant modifié quelque peu la durée de leur combustion, d'où l'on peut conclure que pour rendre le réglage du tir plus facile et plus rapide sur le champ de bataille, il serait à désirer qu'on ne mélan-

geât pas dans les coffres d'une même batterie des fusées provenant de fabrications différentes.

La courbe correspondant aux derniers essais, comprises presque tout entière entre les deux autres, qui représentent les résultats obtenus dans des conditions tout à fait extrêmes, peut très-bien servir de point de départ pour régler l'éclatement des premiers coups d'essais. Aussi on s'en est servi pour établir la graduation en distances des fusées mod. 1876, destinées au tir du canon de 9ᶜ ARC (Ret.). Inutile d'ajouter que dans la détermination de cette graduation on a tenu compte de l'intervalle d'éclatement dont on avait déterminé la valeur correspondante à chaque distance, et les nombres gravés sur la plaque indiquent non pas la distance du point d'éclatement à la bouche à feu, mais bien la distance du but que l'on veut atteindre par les éclats.

Les 200 premières plaques ainsi graduées furent fixées sur des fusées choisies dans plusieurs lots fabriqués à différentes époques ; et avant de continuer la fabrication, on exécuta de nouveaux essais pour s'assurer définitivement que cette graduation était satisfaisante dans la pratique.

Afin de bien régler le tir, on tira à chaque distance un certain nombre de coups d'essai. Le but était comme toujours représenté par 3 rangées de panneaux ayant seulement 2 mètres de haut.

On obtint les résultats suivants, qui furent reconnus très-satisfaisants et montrèrent que la graduation en distances répondait parfaitement aux exigences de l'emploi pratique des shrapnels sur le champ de bataille, aussi fut-elle définitivement adoptée.

TABLEAU.

DISTANCES.	NOMBRE DE COUPS par série.	INTERVALLE moyen d'éclatement.	HAUTEUR moyenne d'éclatement.	DISPERSION longitudinale moyenne des points d'éclatement.	NOMBRE DE SHRAPNELS		
					ayant éclaté régulièrement.	ayant éclaté après ricochet.	n'ayant pas éclaté.
		mètres.	mètres.				
500	10	158,2	2,4	23,4	10	»	»
1 000	21	103,8	4,3	35,4	20	»	1
1 500	18	69,2	4,7	30,9	15	3	»
2 000	25	57,1	5,3	14,8	21	3	1
2 500	30	76,8	5,7	22,6	23	7	»
2 900	34	60,7	6,9	17,8	22	7	5

On ne s'est pas préoccupé, dans la graduation en distances des fusées, des variations que peut subir la densité de l'air, comme on l'avait fait dans l'établissement des tables de tir. En effet, ces variations qui modifient les pressions exercées par l'air sur la partie antérieure du projectile, en même temps qu'elles augmentent ou diminuent la portée, augmentent ou diminuent la durée de combustion de la fusée (1). De telle sorte que dans la pratique on peut très-bien ne pas en tenir compte pour le réglage de la fusée. Ce qui prouve, du reste, d'une façon irréfutable, que le mouvement du projectile tend à augmenter la vitesse de combustion de la fusée, c'est que : 1° la longueur de composition fusante nécessaire pour donner l'éclatement à une distance donnée de la bouche à feu doit être sensiblement plus grande que si le projectile était au repos ; 2° la forme et la surface du trou de dégagement des gaz influent sur la vitesse de combustion, en faisant varier la colonne d'air et par suite la pression exercée sur la composition fusante.

Avec les pièces de campagne actuelles, les différences que l'on observe pendant le tir entre les hauteurs d'éclate-

(1) On sait que la vitesse de combustion des compositions fusantes varie en général dans le même sens que la pression exercée sur elle soit par l'air atmosphérique seul, soit par les gaz produits de la combustion. C'est en se basant sur ce fait que M. de Saint-Robert a imaginé des mèches barométriques, dont la composition ressemble fort à la composition fusante des fusées. De la combustion de ces mèches on peut déduire la densité de l'air et par suite l'altitude du lieu.

ment, sont en général assez faibles, et influent peu sur les effets produits par le shrapnel ; la dispersion longitudinale moyenne des points d'éclatement est, au contraire, beaucoup plus considérable, et est cause qu'un grand nombre de projectiles ne produisent que peu ou pas d'effet, soit parce que les éclats vont tomber en arrière du but, soit parce que, à leur arrivée, ils n'ont plus une vitesse suffisante, l'intervalle d'éclatement étant trop considérable. Nous allons chercher quel est, dans ce cas, la part qui revient à la bouche à feu d'un côté et à la fusée de l'autre, et comment on doit essayer d'obtenir la plus grande régularité possible dans les intervalles d'éclatement.

Si ce qui a été dit au sujet de la graduation de la fusée est exact, les variations dans la vitesse de combustion de la fusée, suivant les variations de la composante horizontale de la vitesse du projectile, il en résulte que la durée du trajet et la durée de combustion de la fusée varient toutes les deux à la fois, non-seulement par suite des variations de la densité de l'air, mais aussi par suite des variations de la vitesse initiale du projectile, provenant de différences dans le poids de la charge ou du projectile. Il n'y a pas lieu de tenir compte séparément des variations de la vitesse de rotation, qui dépend directement de la vitesse de translation, et dont les effets s'ils existent se trouvent mêlés aux autres et compensés avec eux.

De ce que dans la détermination des portées on tient compte de la résistance de l'air, il semblerait qu'on doive également en tenir compte dans la détermination de la longueur de composition fusante correspondante, pour maintenir le rapport qui doit exister entre ces deux quantités. Mais, outre que cette dernière rectification serait fort difficile à faire, il est facile de voir qu'elle n'est nullement nécessaire. En effet, si le mouvement du projectile n'exerçait aucune influence sur la vitesse de combustion de la fusée ou si cette influence était constante pendant tout le trajet dans l'air, les longueurs de composition fusante con-

sommées devraient être proportionnelles aux durées des trajectoires. Mais dans la réalité, les trois courbes qui représentent les graduations de la fusée, en fonction des distances d'éclatement, étant presque des lignes droites, on peut en conclure, au contraire, avec une approximation suffisante, que les longueurs de composition fusante sont proportionnelles aux distances. Ce fait a été constaté, quel que fût le modèle de shrapnel et de fusée à temps que l'on ait employé.

La même fusée adaptée à des shrapnels de différents calibres a donné des rapports presque identiques entre les longueurs de composition fusante et les distances horizontales parcourues. Il semble donc que l'on puisse admettre la loi suivante, que l'on a toujours vérifiée : la vitesse de combustion de la fusée varie avec la vitesse horizontale du projectile, suivant une puissance donnée de cette vitesse et suivant la densité de l'air. La même variation dans la densité de l'air, en même temps qu'elle produit une variation dans la portée, et par suite dans la durée de la trajectoire, produit une variation correspondante dans la vitesse et par suite dans la durée de combustion d'une longueur donnée de composition fusante, en sorte que les deux variations dans les durées s'équilibrent, ou autrement dit les longueurs de mèches données par l'expérience sont tout à fait indépendantes des variations de portées occasionnées par les variations dans la densité de l'air, et se rapportent directement à la trajectoire moyenne.

D'un autre côté, les erreurs de pointage sont en général assez faibles, mais les écarts entre les angles de projection seraient-ils considérables, comme il ne s'agit ici que du tir de plein fouet, c'est-à-dire dans lequel l'angle de projection est inférieur à 15°, ces erreurs n'ont pas assez d'importance pour produire des variations sensibles dans la durée des différentes trajectoires, correspondant à la même projection horizontale.

Il semble donc que toutes les causes d'erreur n'ont d'in-

fluence que sur les hauteurs d'éclatement, tandis que du plus ou moins de régularité de combustion de la fusée dépendent les écarts dans les intervalles d'éclatement.

Il ne suffit donc pas d'améliorer les qualités balistiques de la bouche à feu, mais il faut surtout améliorer et régulariser la fabrication de la composition fusante.

Pour compléter les tables de tir et donner une idée approximative des effets que peut produire, en éclatant, un shrapnel, lorsque le pointage de la pièce et la graduation de la fusée sont parfaitement réglés et le tir exécuté avec le plus grand soin, il ne restait plus qu'à déterminer, pour les différentes distances, le nombre moyen d'atteintes produites, sur une cible de 2 mètres de haut, par un shrapnel éclatant dans les conditions normales, ou autrement dit, représenter par un chiffre l'efficacité du tir à shrapnel à chaque distance.

En ayant recours aux résultats des expériences précédentes, on a tracé une courbe ayant pour abscisses les distances de tir de 1 à 2000 mètres, et des ordonnées proportionnelles au nombre d'atteintes. De cette courbe on a déduit le nombre d'atteintes correspondant aux distances de 100 en 100 mètres, les nombres ainsi obtenus sont inférieurs à ceux que l'on obtiendrait en réalité avec un shrapnel dont l'éclatement aurait lieu à un intervalle et une hauteur convenables. Les chiffres ainsi obtenus ont servi à compléter les tables du tir.

Dans le tableau suivant on a mis en regard les nombres inscrits dans les tables de tir, et ceux qui ont été obtenus dans la dernière série d'expériences qui ont servi à contrôler l'exactitude de la graduation en distances de la fusée.

Dans ces dernières expériences, on avait réglé le tir, comme on l'aurait fait sur le champ de bataille, et sans apporter aucune correction à la graduation de la fusée qu'il s'agissait de contrôler.

TABLEAU.

	NOMBRE D'ATTEINTES fournies par un shrapnel sur une cible de 2m de haut, à						
	500m	1 000m	1 500m	2 000m	2 500m	2 800m	2 900m
Tables de tir. .	57	47	40	32	26	23	»
Expérience. . .	47	29	44	31	27	»	25

On peut donc bien considérer les nombres inscrits dans les tables de tir comme représentant la moyenne des atteintes que l'on doit chercher à obtenir dans un tir pratique.

Ces résultats, comparés à ceux qui ont été obtenus par les autres puissances, avec les différents modèles de shrapnels essayés, montrent la supériorité du shrapnel italien de 9c. Néanmoins, on pourrait encore améliorer le tracé de ce projectile, non pas dans le but d'augmenter le nombre des balles qu'il renferme, mais de façon à arriver à obtenir une dispersion plus régulière des éclats, et surtout augmenter la tension de la trajectoire, de façon à diminuer, autant que possible, l'influence des erreurs dans l'évaluation des distances, et des variations dans les intervalles d'éclatement.

Avec les shrapnels à diaphragme, récemment essayés en grand avec le canon de 9c, on a obtenu, à ces différents points de vue, une amélioration sensible, comparativement au shrapnel actuellement réglementaire, amélioration qui rendrait les shrapnels d'un emploi encore plus facile en campagne.

Des développements qui précèdent on peut tirer quelques règles pratiques qui ne sont pas sans importance et sans utilité, au point de vue de la graduation en distances des fusées. On a, en effet, constaté dans les tirs avec shrapnels chargés, deux faits saillants: 1° la proportionnalité qui existe entre la longueur de la composition fusante et la distance comptée horizontalement du point d'éc

ment à la bouche à feu ; 2° la constance à peu près complète de la dispersion longitudinale moyenne des points d'éclatement, quelle que soit la distance. Ces deux faits ont été également constatés dans les tirs exécutés avec d'autres modèles de shrapnels, destinés à des bouches à feu de campagne et de montagne, et différant entre eux comme calibre, poids et vitesse initiale. On peut donc les admettre comme vrais pour les shrapnels des pièces de campagne et même pour ceux des pièces de plus fort calibre, animés d'une vitesse initiale plus faible, bien que l'expérience n'ait point encore été faite.

Voici, au moins pour les pièces de campagne les règles qu'on a cru pouvoir en déduire :

1° De la proportionnalité entre les longueurs de composition fusante et la distance d'éclatement, il résulte que, après avoir déterminé par l'expérience les graduations de la fusée pour les distances extrêmes, on peut en déduire graphiquement les graduations correspondant aux distances intermédiaires.

Ainsi donc, pour établir les graduations de la fusée, il faudra commencer par exécuter les tirs correspondant aux deux distances extrêmes, afin d'avoir immédiatement des données relatives aux graduations d'essai pour les autres distances.

Cette règle a été appliquée avec succès lors de l'établissement des tables de tir, pour les deux modèles de shrapnels, l'un à cordon de cuivre pour le canon de 7^{c}, et l'autre à diaphragme pour le 9^{c}. On a pu ainsi éviter de nombreux tirs d'essai, pour toutes les distances autres que les deux extrêmes.

Il vaudrait encore mieux déterminer tout d'abord, par quelques coups, la distance d'éclatement correspondant au zéro de la graduation, et en déduire approximativement la graduation correspondant à toutes les autres distances, y compris la plus grande, en ayant soin, bien entendu, de tenir compte de l'intervalle d'éclatement.

2° Grâce à cette proportionnalité, mieux vaut réduire à trois ou quatre, y compris les deux extrêmes, les distances auxquelles on exécute les tirs, de façon à pouvoir consommer, à chacune de ces distances, un plus grand nombre de munitions, et se contenter pour les distances intermédiaires de tirer seulement quelques coups, uniquement pour vérifier les graduations obtenues d'après la loi de proportionnalité, et avoir quelques données relatives à l'efficacité du shrapnel aux différentes distances.

3° De la constance de la dispersion longitudinale moyenne des points d'éclatement, il résulte que le nombre de projectiles que l'on doit tirer aux différentes distances, pour déterminer la graduation de la fusée, doit être le même. Inutile d'en augmenter le nombre avec la distance, comme on doit le faire pour le tir à obus ou à shrapnels non chargés, quand on veut obtenir les données relatives à la justesse de ces projectiles.

Sur le champ de bataille, l'efficacité du shrapnel dépend de la précision de son tir et de celle de son point d'éclatement. C'est parce que ces deux conditions ne pouvaient être réalisées, que l'on a dû, pendant longtemps, laisser de côté cette sorte de projectiles, bien que leur invention remontât au commencement du siècle. C'est pourquoi on ne doit pas ajouter à la dispersion naturelle des points d'éclatement due à la graduation même de la fusée, et dont la valeur atteint 120 mètres pour le shrapnel de 9c, d'autres causes d'erreur imputables à un manque de soin dans la détermination des graduations, provenant de ce que, par exemple, on n'aurait employé pour cette détermination qu'un trop petit nombre de coups.

Il est à souhaiter que les erreurs provenant d'une mauvaise graduation ne dépassent jamais 5 mètres, et alors, même en limitant à trois les distances auxquelles on exécute les tirs, on ne saurait arriver à ce résultat qu'en tirant un très-grand nombre de coups.

En appliquant le calcul des probabilités à la dispersion

probable des points d'éclatement de shrapnels tirés dans des conditions identiques, comme charge, hausse, graduation de fusées, on voit que la différence que l'on peut trouver entre l'intervalle moyen d'éclatement, résultant de l'expérience, et l'intervalle moyen vrai ne dépasse pas la valeur suivante :

$$\alpha h \sqrt{\frac{2}{n}}$$

Le coefficient numérique α dépend de la probabilité qui est représentée par

$$p = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\alpha} e^{-t} dt$$

h représente la dispersion quadratique moyenne des points d'éclatement, que, d'après le calcul même des probabilités, on peut considérer comme égale à la dispersion moyenne linéaire multipliée par le coefficient numérique.

$$\sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1{,}2533;$$

n est le nombre de coups que l'on doit tirer, π le rapport de la circonférence au diamètre, et e la base des logarithmes népériens.

La dispersion longitudinale des points d'éclatement de la fusée à temps modèle 1876 a été plus grande avec le shrapnel de 9^c qu'avec les autres shrapnels qui ont été essayés. Ainsi, en prenant pour base du calcul du nombre de coups nécessaires pour arriver à une certaine garantie dans l'exactitude des résultats, cette dispersion que nous avons dit être en moyenne de 26^m,6, on commettra une erreur de 5 mètres dans la détermination de l'intervalle moyen pour les différentes distances, avec une probabilité de

999	pour	1 000	en tirant	480	coups.
900	—	1 000	—	120	—
800	—	1 000	—	73	—
700	—	1 000	—	48	—

En admettant que l'erreur puisse atteindre 10 mètres, on aura une probabilité de

999	pour	1 000	en tirant	120	coups.
900	—	1 000	—	30	—
800	—	1 000	—	18	—
700	—	1 000	—	12	—

L'application des règles ci-dessus paraît devoir conduire à une plus grande précision dans les résultats d'expériences en employant le minimum de temps, et consommant le moins possible de munitions.

(A suivre.)

LA QUESTION

DU

CHARGEMENT PAR LA CULASSE

EN ANGLETERRE[1]

ET L'ÉCLATEMENT DES CANONS DE 38 TONNES DU *THUNDERER*.

L'explosion survenue le 2 janvier 1879, à bord du *Thunderer*, a servi, pendant toute l'année dernière, de thème aux polémiques engagées chez nos voisins, et, bien que l'accident soit très-grave en lui-même, il faut reconnaître l'influence plus grave encore qu'il a exercée sur le mouvement des idées en Angleterre. Le public, d'abord profondément ému par l'accident, s'est ensuite vivement intéressé aux études de la commission chargée d'en rechercher les causes, et à la discussion dont son rapport a été l'objet[2]. L'intérêt n'a fait que s'accroître quand la discussion a fait place aux expériences. Les adversaires de la commission l'ont en effet devancée sur le terrain expérimental, l'esprit critique, doublé peut-être de la rivalité industrielle, a fait procéder à des tirs d'épreuve dont les résultats sont d'ailleurs très-honorables pour la résistance des canons anglais. Quelques-uns de ces essais ont été entrepris en vue de démontrer la supériorité d'un mode spécial de construction du corps de canon, tous se rattachent de près ou de loin à la controverse, très-animée en ce moment, entre les partisans du chargement par la bouche et ceux du chargement par la culasse.

---

(1) Les divers renseignements qui suivent ont été puisés, en majeure partie, dans le *Standard*, l'*Army and Navy Gazette*, l'*Army and Navy Journal*, l'*Engineer* et l'*Engineering*. Quelques-uns de ces renseignements sont dus à l'obligeance de M. Deffe, lieutenant de l'artillerie belge, aide de camp du Ministre de la guerre.

(2) Voir la *Revue d'artillerie* du 15 juin 1879, tome XIV, page 221.

Nous allons essayer de rendre compte de l'état de cette controverse, puis nous indiquerons la marche et les résultats des expériences déjà consommées.

Depuis l'adoption du chargement par la bouche, il ne s'est peut-être pas écoulé de semaine sans qu'une plume indiscrète soit venue vanter aux autorités anglaises les avantages du chargement par la culasse. Mais, depuis dix-huit mois, à la suite des expériences faites sur les canons Krupp en Allemagne, la cause du chargement par la culasse paraît avoir gagné de nouveaux et fervents adhérents, aussi bien dans les régions officielles que dans la presse, et le War-Office vient de commander à l'Arsenal royal deux canons de 38 tonnes se chargeant par la culasse.

Les plans qui ont été établis pour ces canons ont été dressés vers la fin de décembre 1878. Or, le général Younghusband, chargé de rendre compte des expériences de Meppen [1], avait déposé son rapport à la fin de novembre de la même année ; il est donc probable que les idées contenues dans le rapport, ont servi de base aux projets en question et comme ce rapport vient seulement d'être publié, sa lecture peut procurer l'expression de l'opinion actuellement en faveur au War-Office.

Rapport du général Younghusband. — Les expériences auxquelles le général a assisté ont eu lieu à Bredelar et à Meppen : à Bredelar, les essais ont été limités au canon cuirassé. Les conclusions du général relatives à cet engin sont vite données. Il remarque qu'on trouverait difficilement dans le service de l'artillerie anglaise des conditions permettant d'organiser l'appareil qu'exige cette pièce. Il admet que les avantages offerts par ce système sont considérables, mais constate que l'on n'aura que de très-rares occasions de s'en servir.

A Meppen, le général observa que la fabrication des

[1] Le général Younghusband est directeur de l'arsenal de Woolwich ; il a été envoyé en Prusse avec mission d'assister aux expériences faites sur les canons Krupp.

très-grosses pièces n'avait pas pris un développement trop considérable. Il vit les dessins et le modèle en bois du canon de 122 tonnes. A ce sujet, il remarque que si ce canon, une fois construit, réalise la puissance que l'on attend de lui, son rendement par tonne sera de 16 p. 100 supérieur à celui du canon de 100 tonnes d'Armstrong ; il serait de 61 pouces (1^m,55) plus long.

Le canon de 71 tonnes était terminé, mais l'affût restait à faire. Ce canon serait, au point de vue de la puissance et de la pénétration, légèrement supérieur au canon anglais de 80 tonnes, et son rendement par tonne est de 12 p. 100 plus fort que celui de ce dernier. Il a 72 pouces (1^m,83) de plus.

Le canon de 35^c,5 est noté dans le rapport comme très-puissant pour son poids, mais le général fait observer que cette puissance ne s'obtient qu'au prix d'un effort considérable du métal et d'une très-forte densité de chargement. Cette densité est de 0,82, la charge est de 253 livres (114^k,7), le projectile de 1 157 livres (501^k,5), la vitesse initiale de 1 665 pieds (526 mètres), la force vive correspondante est de 2 200 pieds-tonnes (680 tonnes-mètres).

A l'opposé des canons anglais de 80 et de 100 tonnes, ce canon Krupp ne semble pas pouvoir développer plus de force que celle dont il fait preuve dans le tir normal, et l'effort supporté par les canons prussiens semble dépasser les limites de prudence admises dans l'artillerie anglaise.

Cette restriction faite, et elle est loin d'enlever aux canons Krupp la supériorité en puissance que leur assure leur longueur, le général reconnaît en outre que le caractère particulier du canon de 35^c,5 allemand est la facilité avec laquelle on le manœuvre à bras d'hommes et avec un très-petit nombre de servants ; il ajoute : « Ceci « est dû au fait que ce canon se charge par la culasse, il « serait impossible de servir, sans le secours de la vapeur, « un canon de même puissance qui se chargerait par la « bouche. » Plus loin, cette autre phrase non moins signifi-

cative : « Nous considérons nos canons de 38 tonnes se « chargeant par la bouche comme les plus fortes pièces que « l'on puisse essayer de servir à bras; mais on pourrait servir « de cette façon, rapidement et aisément, des canons pesant « moitié plus, et gagnant en puissance beaucoup plus de « moitié sur les nôtres, à condition d'employer le charge- « ment par la culasse. »

D'autres essais eurent lieu sous les yeux du général anglais, notamment celui du canon de 30c,5. Il admire la parfaite régularité de la manœuvre qu'aucun incident n'est venu troubler.

Une autre partie du rapport traite des circonstances dans lesquelles le mode de chargement est déterminé par la nature du service; ainsi, il reconnaît que le chargement par la culasse ne convient guère aux canons employés dans des tourelles, à terre ou sur des navires, lorsque l'on peut employer une force motrice. Dans ces conditions, un canon peut se charger par la bouche en dehors de la tourelle, par des moyens mécaniques, et il y a des difficultés sérieuses à ouvrir la culasse, à manier l'obus et la gargousse, dans un espace aussi restreint que l'intérieur d'une tourelle. De même, dans une batterie ouverte, où la charge et le pointage peuvent se faire au moyen de la vapeur, le chargement par la bouche semble préférable. Mais quand ni la vapeur ni un accumulateur ne sont applicables, ou qu'il semble périlleux de se fier exclusivement à leurs services, l'avantage revient au chargement par la culasse, qui permet, ainsi qu'on l'a vu à Meppen, de servir à bras d'homme, et sans difficultés, des canons de plus de 50 tonnes, lançant des projectiles de 1 150 livres (521 kil.); enfin, comparant la manœuvre à bras du canon de 70 tonnes, à culasse mobile, à celle du canon anglais de 80 tonnes, qui se charge par la bouche, il constate que la supériorité du premier saute aux yeux de quiconque a eu l'avantage de les voir tous les deux.

L'importance du chargement par la culasse, pour les

batteries casematées, est établie clairement dans le rapport du général, qui fait à ce sujet deux études parallèles du canon anglais de 38 tonnes et du canon Krupp de 35c,5 du même poids. Les avantages du canon Krupp sont les suivants :

1° La longueur du canon peut être augmentée, ce qui accroît d'autant sa puissance ;

2° Il peut rentrer dans le sabord aussitôt que le coup est parti ;

3° Il est inutile d'écouvillonner ;

4° Les servants sont moins exposés ;

5° La charge est plus facile, et ce point est décisif pour les batteries casematées.

Quant aux pièces entrant dans la composition des batteries à ciel ouvert, le général énumère et qualifie de considérables les avantages que l'on aurait à les charger par la culasse. Ils sont toutefois moins marqués que pour les canons tirant sous casemate, car on peut allonger, dans ce cas, les bouches à feu se chargeant par la bouche. Les mêmes conclusions reviennent avec plus de force encore dans l'examen comparatif que fait le général du canon court de 28c qu'il a vu à l'usine Krupp et de celui de 11 pouces en service en Angleterre. Il signale la première de ces pièces comme pouvant être employée avec un avantage manifeste sur toute espèce de bouche à feu se chargeant par la bouche, principalement dans les casemates et dans les batteries de côté des navires. « Je ne « peux m'empêcher d'exprimer le sentiment pénible qu'on « éprouve à voir la manœuvre des canons de 10 et de 11 « pouces sur nos navires, en songeant aux difficultés, aux « périls même qui attendent les servants chargés d'intro- « duire dans l'âme la charge et le projectile. Là, comme « dans des casemates, des canons courts sont une nécessité, « si l'on veut charger par la bouche, et alors c'est perdre « de la puissance, c'est exposer à des peines et à des dan- « gers inutiles tout le personnel des batteries. »

L'étude du canon Krupp de 15c et du canon Armstrong de 6 pouces fournit également au général l'occasion de constater combien il est plus facile d'approprier une gargousse à un canon qui a été chambré, lorsque ce canon se charge par la culasse.

Quant aux autres canons dont on a fait l'essai devant lui, le directeur de l'arsenal résume ses impressions à leur égard en disant : « Le problème de la construction de « canons lourds, se chargeant par la culasse, d'un service « facile, rapide et sans danger, est un problème désormais « résolu. » Pour le mécanisme de culasse, le général trouve inutile de le mettre en discussion ; il reconnaît simplement que le manque d'expérience des Anglais en cette matière sera largement suppléé par l'expérience qu'en ont faite les autres nations. « J'espère, dit-il, que nous saurons en pro- « fiter et que les culasses de nos canons lourds seront cons- « truites d'après les meilleurs types connus. » On voit, en somme, à quel point le directeur actuel de l'arsenal a été frappé des avantages du chargement par la culasse.

Le document où sont exprimées ces idées officielles date du mois de novembre 1878 ; or, depuis ce temps, de nouvelles expériences ont eu lieu à Meppen. Ces expériences ont été suivies par les officiers anglais, et le résultat de leurs observations n'a fait que corroborer les conclusions du précédent rapport. Après les expériences de 1878, on avait fait établir les projets de deux canons lourds se chargeant par la culasse, après celles de cette année, on a donné l'ordre de mettre ces projets à exécution. Ceci montre bien que, depuis le mois d'août 1878, le mouvement qui s'était produit dans les régions officielles en faveur du chargement par la culasse, a toujours été en s'accentuant jusqu'à présent.

Le même mouvement s'était produit dans la presse, bien que d'une manière beaucoup moins nette.

Nous avons dit que le rapport du général Younghusband avait été déposé à la fin de novembre 1878, mais

qu'il n'avait été publié qu'un an plus tard. L'absence d'un document officiel émanant d'un homme assez compétent pour interpréter avec précision les résultats des expériences de Meppen n'avait pas empêché la presse de se livrer à ses interprétations. Nous n'entrerons pas dans le détail, assez décousu, des opinions diverses qui ont été soutenues à ce sujet, il nous suffira de dire que le rapport du général Younghusband, écrit avant que ces idées se fussent fait jour dans la presse, a pu être considéré, lors de sa publication, comme l'exposé le plus complet des opinions qui s'étaient formées au dehors pendant cette dernière année.

D'ailleurs, la question du chargement par la culasse ne se posait pas seulement comme un complément des études faites à Meppen; la catastrophe du 2 janvier 1879 venait d'attirer l'attention sur un des graves inconvénients que pouvait présenter le chargement par la bouche. Une des premières hypothèses admises pour expliquer l'éclatement du canon de 38 tonnes, et d'ailleurs celle qui a prévalu, en fin de compte, auprès de la commission, admettait l'introduction de deux charges dans l'âme, ce qui n'est possibe qu'avec un canon se chargeant par la bouche. On se rappelle que les membres de la commission avaient à l'unanimité attribué l'accident à une double charge, et exprimé le désir de voir procéder sur le canon resté dans la tourelle d'avant à des expériences d'éclatement. D'autre part, le capitaine Noble a procédé lui-même, à Elswick, pour le compte de la maison Armstrong, à des expériences destinées à confirmer, et qui ont en effet confirmé les conclusions de la commission; enfin, sir William Palliser s'est inscrit en faux contre ces conclusions, et a exécuté à Erith une série d'expériences destinées à prouver que l'éclatement du canon était dû à un vice de construction des canons Armstrong, vice de construction dont sont exempts d'après lui, bien entendu, les canons de son système.

Les expériences exécutées à Elswick sont déjà con-

nues [1]. Nous allons exposer dans leur ordre chronologique les expériences de sir William Palliser à Erith et celles de la Commission à Woolwich.

Expériences de sir William Palliser à Erith.

1er *décembre* 1879. — Disons d'abord où en était la question de l'éclatement du canon de 38 tonnes le 1er décembre. La commission l'attribuait à un double chargement; la marine, qui défendait son personnel, implicitement accusé de négligence par cette conclusion, l'attribuait à un glissement du projectile dans l'âme après le chargement, glissement dont l'effet aurait été d'intercaler un matelas d'air entre la gargousse et le projectile. Les marins pensaient qu'une pareille disposition devait suffire pour amener l'explosion. Sir William Palliser, rejetant l'une et l'autre de ces deux explications, se fit fort de prouver en tout cas qu'un de ses canons pourrait résister à ces prétendues causes de rupture, et que dès lors on ne pouvait s'en prendre qu'à la mauvaise fabrication des canons Armstrong. Voici, à ce sujet, les idées du grand métallurgiste anglais, rapportées par un témoin auriculaire : dans les canons Armstrong, le serrage exercé sur le tube en acier par les manchons en fer forgé, posés, pour le renforcer, à une très-haute température, serait très-exagéré, et modifierait complètement l'élasticité du tube, sur laquelle M. Armstrong a le tort de compter. Pour sir William Palliser, au contraire, dans les bouches à feu de son système, toute la force du canon réside dans le tube, la nature de l'enveloppe importe peu, sa masse seule intervenant; quant au tube, il doit être formé d'un métal plutôt malléable qu'élastique et maintenu dans un état d'équilibre moléculaire parfait; pour satisfaire à cette double condition, il fabrique son tube comme Armstrong fabrique ses frettes ou ses manchons, c'est-à-dire en fer forgé. Sans entrer plus loin dans des détails de

[1] Voir *Revue d'artillerie* de juin 1879.

construction les plus connus, ajoutons que M. Pa[illegible] [illegible] mouvements dans la confection des barres [illegible] [illegible] ment doit constituer son tube. Lorsque [illegible] [illegible], il est simplement *placé* dans l'enveloppe : [illegible] [illegible] sont telles qu'il n'y ait qu'à chauffer [illegible] l'enveloppe (généralement en fonte) pour o[illegible] [illegible] refroidissement, non un serrage énergique [illegible] les canons Armstrong, mais un ajustage très [illegible] tube est d'ailleurs maintenu en place par un [illegible] près de la bouche et par une vis de pression vers [illegible] de tube. Dans ces conditions, le tube est libre [illegible] repos [illegible] et [illegible] pour [illegible] tous les efforts pour [illegible] ses dimensions [illegible] [illegible] Si les [illegible] sont brisées, [illegible] une autre, [illegible] la culasse, mais [illegible] [illegible]

[illegible] M. [illegible] [illegible] assistance [illegible]

[illegible]

Épaisseur du tube.	$4^{po},21 = 0^{m},096$
Diamètre extérieur à la culasse . . .	27 ,76 = 0 ,705
Diamètre aux tourillons	23 ,68 = 0 ,601
Diamètre à la volée, en avant de l'astragale	15 ,54 = 0 ,494
Nombre des rayures.	3

Poids de la pièce : 71 quintaux = 3 592 kil.
Poids du projectile : 64 livres = $28^{k},920$.

Les projectiles étaient des boulets pleins d'épreuve, de Woolwich. Ils n'avaient pas d'ailettes, afin de rester dans l'hypothèse de la commission du *Thunderer* qui avait écarté toute idée de forcement. La poudre était de la poudre P en grains de $0^{m},0064$ de diamètre.

Le tir comportait 7 salves, savoir : cinq avec deux gargousses et deux obus, le poids de chaque gargousse allant en croissant de la première salve à la cinquième pour laquelle il était de 10 livres, charge d'épreuve du canon ; deux salves avec un intervalle ou matelas d'air entre la gargousse et le projectile.

Les résultats du tir sont consignés dans le tableau de la page suivante.

Le canon ayant résisté victorieusement à ces épreuves, voyons les conclusions qu'on en peut tirer. Remarquons d'abord qu'il faut faire un choix entre les deux conclusions auxquelles tend Sir William Palliser. Si la commission du *Thunderer* s'est trompée en indiquant une cause d'explosion qui n'en est pas une, le canon Palliser n'a pas grand mérite à y résister ; si, comme il le prétend, son canon est meilleur que celui du *Thunderer*, sa résistance ne prouve pas que la commission s'est trompée. Entre ces deux prétentions incompatibles, nous choisirons certainement avec Sir William lui-même, en convenant que ces expériences ne prouvent pas l'erreur de la commission, mais tendent simplement à prouver que le canon Palliser employé offre plus de résistance que n'en a offert le canon de 38 tonnes du *Thunderer*. Réduite à ces proportions, la

construction déjà connus, ajoutons que M. Palliser apporte un soin minutieux dans la confection des barres dont l'enroulement doit constituer son tube. Lorsque le tube est prêt, il est simplement *placé* dans l'enveloppe ; ses dimensions sont telles qu'il n'y ait qu'à chauffer légèrement l'enveloppe (généralement en fonte) pour obtenir, après refroidissement, non un serrage énergique comme dans les canons Armstrong, mais un ajustage très-précis. Le tube est d'ailleurs maintenu en place par un pas de vis près de la bouche et par une vis de pression vers le milieu du tube. Dans ces conditions, le tube est dans un état de repos moléculaire absolu qui lui permet de résister sans fatigue à tous les efforts pour lesquels ses dimensions ont été calculées. Si ces limites sont dépassées, il se produit une soufflure, ou même une déchirure, mais jamais une explosion.

Les expériences de M. Palliser ont eu lieu le 1er décembre, à Erith, devant une nombreuse assistance composée d'officiers anglais et étrangers. La pièce qui fut employée était un vieux canon de 64 livres, fondu en 1859 et achevé il y a 15 ans environ. Elle avait subi en Angleterre, en Amérique et en Russie d'innombrables tirs d'épreuve et avait été mise au rebut depuis deux mois. Une telle pièce était bien choisie pour démontrer *à fortiori* la bonne qualité des canons Palliser quand ils ne sont pas encore détériorés.

La pièce, établie sous une sorte d'abri en forme de casemate, tirait sur une butte située à vingt pas en avant.

Dimensions de la pièce.

Calibre	0m,160
Longueur du bouton de culasse à la bouche	122po,72 = 3 ,117
Longueur de la plate-bande de culasse à la bouche	108 ,00 = 2 ,743
Longueur d'âme	103 ,27 = 2 ,623

Épaisseur du tube.	$4^{m},21 = 0^{m},096$
Diamètre extérieur à la culasse . . .	27 ,76 = 0 ,705
Diamètre aux tourillons	23 ,68 = 0 ,601
Diamètre à la volée, en avant de l'astragale	15 ,54 = 0 ,494
Nombre des rayures.	3

Poids de la pièce : 71 quintaux = 3 592 kil.
Poids du projectile : 64 livres = $28^{k},920$.

Les projectiles étaient des boulets pleins d'épreuve, de Woolwich. Ils n'avaient pas d'ailettes, afin de rester dans l'hypothèse de la commission du *Thunderer* qui avait écarté toute idée de forcement. La poudre était de la poudre P en grains de $0^{m},0064$ de diamètre.

Le tir comportait 7 salves, savoir : cinq avec deux gargousses et deux obus, le poids de chaque gargousse allant en croissant de la première salve à la cinquième pour laquelle il était de 10 livres, charge d'épreuve du canon ; deux salves avec un intervalle ou matelas d'air entre la gargousse et le projectile.

Les résultats du tir sont consignés dans le tableau de la page suivante.

Le canon ayant résisté victorieusement à ces épreuves, voyons les conclusions qu'on en peut tirer. Remarquons d'abord qu'il faut faire un choix entre les deux conclusions auxquelles tend Sir William Palliser. Si la commission du *Thunderer* s'est trompée en indiquant une cause d'explosion qui n'en est pas une, le canon Palliser n'a pas grand mérite à y résister ; si, comme il le prétend, son canon est meilleur que celui du *Thunderer*, sa résistance ne prouve pas que la commission s'est trompée. Entre ces deux prétentions incompatibles, nous choisissons certainement avec Sir William Palliser, en convenant que ses expériences ne prouvent pas l'erreur de la commission, mais tendent simplement à prouver que le canon Palliser employé offre plus de résistance que bien à offert le canon de 38 tonnes du *Thunderer*. Rien, [illegible] à ces preuves [illegible] à

NUMÉROS DES COUPS.	CHARGES.	LONGUEUR de la charge		RECUL		OBSERVATIONS.
		en pieds et pouces.	en mètres.	en pieds.	en mètres.	
1	6 livres = 2k,718 de poudre P . . . . . 1 obus ordinaire de 64 livres = 23k,292 . . . 6 livres de poudre P . . 1 obus ordinaire de 64 livres	2p 7po	0,787	11	3,315	La pièce est intacte.
2	7 livres de P = 3,171. . 1 obus. . . . . 7 livres . . . . . 1 obus.	2p 9po » »	0,839	12	3,656	La pièce est intacte. Maximum déterminé par 1 heurtoir.
3	8 livres de poudre . . . 1 obus. . . . . 8 livres de poudre . . . 1 obus.	2p 11po	0,891			La pièce est intacte. La charge normale de tir est de 8 livres.
4	9 livres de poudre . . . 1 obus. . . . . 9 livres de poudre . . . 1 obus.	3p 1po	0,942			La pièce est intacte.
5	10 livres de poudre = 4k,530 . . . . . 1 obus. . . . . 10 livres de poudre . . 1 obus.	3p 3po	0,994			On constate un léger écrasement du tube à hauteur de la 2e gargousse. La charge d'épreuve du canon est de 10 livres.
6	10 livres de poudre = 4k,530 . . . . . Espace vide de 2 pieds 0m,608. . . . . 1 obus de 64 livres. . .			2	0,60	La pièce est intacte.
7	10 livres de poudre = 4k,530 . . . . . Espace vide de 4 pieds 3 pouces = 1m,292 . . 1 obus de 64.			6po	0,15	La pièce est intacte.

conclusion peut-elle être admise? Oui, à condition que M. Palliser fasse la preuve que les conditions de son tir sont bien celles qui, d'après la commission, se sont présentées à bord du *Thunderer* dans la matinée du 2 janvier. Or, la poudre qu'il a employée est une poudre lente, bien moins brisante que la poudre RLG usitée pour les calibres de 16c, et proportionnellement beaucoup plus lente que ne l'était la poudre pebble, employée à bord du *Thunderer*. Pour pouvoir comparer le tir de deux bouches à feu homologues, il faut aussi qu'on les tire avec des poudres dont les grains aient des dimensions homologues; c'est un point capital qu'on semble avoir omis dans l'établissement de la similitude des bouches à feu (1). Reconnaissons d'ailleurs que, en dehors de la dimension des grains de poudre, toutes les autres conditions de similitude étaient moins avantageusement satisfaites pour la solidité du canon Palliser que pour le canon de 38 tonnes et que, de ce côté, l'expérience est très-concluante.

Un deuxième vice de forme des expériences d'Erith réside dans ce fait que sir William Palliser a fait enlever les ailettes de ses projectiles. De ce que la commission a écarté le coincement du projectile comme cause d'explosion, il ne s'ensuit pas qu'elle admette comme insignifiante l'influence du forcement dans le tir d'une double charge, il est au contraire certain que les ailettes augmentent les chances d'explosion et sir William était mal fondé à les supprimer dans une expérience où il prétendait reproduire les conditions du tir indiquées par la commission.

Enfin, un reproche sérieux que l'on doit encore adresser

(1) L'*Army and Navy Gazette* (6 décembre 1879), qui veut établir la similitude des deux bouches à feu, ne parle que du poids de la charge de poudre et non de la grosseur des grains.

Si on tire dans deux bouches à feu semblables et dont le rapport linéaire est λ de la poudre dont les grains ont même grosseur, les surfaces d'émission sont en raison directe du nombre de grains, c'est-à-dire dans le rapport λ^3, si les vitesses sont les mêmes, l'espace laissé libre dans la chambre sera seulement $\lambda^3 vdt$ au bout du temps dt; par suite, les quantités de gaz dans le gros canon seront λ^3 fois plus grandes et comprises dans un espace λ^3 fois seulement plus grand, de sorte que la pression devient dans le grand canon $P\lambda dt$ au bout du temps dt, si P est la pression au début égale dans les deux pièces.

à ces expériences est le manque de toute espèce de mesure autre que celle du recul; la mesure des pressions aurait donné des résultats beaucoup plus concluants et si l'on n'avait pas les appareils nécessaires pour y procéder, on aurait dû au moins se procurer, par la mesure des vitesses initiales, quelques renseignements à ce sujet.

On espère d'ailleurs que toutes ces lacunes seront comblées dans une prochaine expérience à laquelle sir William se propose de procéder à bref délai.

3 *Mars* 1880. — Sir William Palliser vient d'exécuter, le 3 mars 1880, à Erith, des expériences assez curieuses sur le double chargement; mais ces essais n'ont qu'un rapport lointain avec ceux auxquels s'est livrée la commission officielle sur le canon de 38 tonnes, car l'analogie entre le canon de petit calibre dont s'est servi sir Palliser, et les pièces énormes du *Thunderer,* n'est pas assez juste pour qu'on puisse tirer des expériences d'Erith, des conclusions aussi absolues que celles que pose M. Palliser.

Le canon qui avait servi à ces expériences avait primitivement 10 pouces (254^{mm}). Avec un autre de même calibre, il avait tiré longtemps, en 1855, contre l'aile gauche du *Grand-Redan.* Il a été amené au calibre de 7 pouces (178^{mm}) par l'introduction, dans l'âme, de trois tubes d'acier se superposant et donnant une très-grande résistance à la pièce. La forme extérieure du canon est tronconique, suivant une pente continue de la culasse à la bouche, de sorte que la pièce n'offre pas de points faibles analogues à ceux des canons du *Thunderer.*

La pièce pesant 95 cwt ($4\,826^{k}$), c'est-à-dire à peu près huit fois moins que le canon de 38 tonnes, M. Palliser a déterminé les poids des charges et des projectiles dans le même rapport.

La poudre employée était la même, c'est-à-dire la poudre pebble, ce qui était illogique, d'autant plus que cette poudre a beaucoup moins de puissance dans les pièces de petit calibre que dans les gros canons. Il aurait fallu, pour

continuer la réduction proportionnelle, employer la poudre RLG, qui, à poids égal, donne une pression plus considérable que la poudre pebble.

Conformément au programme de M. Palliser, on a tiré cinq coups. Le tableau suivant donne les poids des charges et des projectiles.

NUMÉRO des coups.	CHARGEMENT POSTÉRIEUR.				CHARGEMENT ANTÉRIEUR.			
	Charge.		Projectile.		Charge.		Projectile.	
	Liv.	Kilogr.	Liv.	Kilogr.	Liv.	Kilogr.	Liv.	Kilogr.
1	13l12o	6,238	88	39,916	10l10	4,819	75	34,019
2	16 »	7,258	100	45,359	11 »	4,990	85	38,554
3	18 »	8,165	100	45,359	13 »	5,897	85	38,554
4	20 »	9,072	100	45,359	13 »	5,897	85	38,554
5	22 »	9,979	100	45,359	14 »	6,350	85	38,554

La pièce, montée sur son affût, était renfermée dans une galerie assez fortement inclinée de manière à limiter le recul.

Au 3e coup, un violent mouvement de bascule ayant relevé la culasse et la partie postérieure de l'affût, la bouche est venue s'incruster dans le parquet et il a fallu un certain temps pour remettre la pièce en batterie.

Au 5e coup, le ciel de la galerie s'est écroulé et a recouvert la pièce et l'affût. Il a fallu suspendre les expériences, mais on a pu constater que la pièce avait parfaitement supporté le tir.

En résumé, ces expériences ont été plutôt faites pour montrer la supériorité des canons de M. Palliser sur ceux de Woolwich, mais elles ne prouvent rien au point de vue spécial de l'éclatement du canon du *Thunderer*, car les tirs dans des pièces de calibre aussi différents et de formes extérieures aussi dissemblables ne peuvent être sérieusement comparés.

Expériences officielles de Woolwich.

(PL. XII.)

Les expériences réclamées par la Commission de Malte ont été exécutées sous la direction d'un comité composé d'officiers généraux ou supérieurs appartenant aux services techniques, et n'ayant pas pris part aux travaux de la Commission de Malte.

Le comité présente à cet égard les plus grandes garanties d'impartialité. Les expériences ont eu lieu en trois séries, la première correspondant au milieu du mois de décembre, la deuxième au milieu de janvier, la troisième le 3 février.

La première série d'épreuves devait comprendre deux genres d'essais, destinés à mesurer les vitesses et les pressions correspondant : 1° au tir normal ; 2° au tir avec matelas d'air interposé. Dans la deuxième série d'épreuves on devait soumettre la pièce aux chances d'éclatement provenant d'un coincement du projectile et dans la troisième série, à celles résultant de l'emploi d'une double charge.

Ce programme a été suivi ponctuellement.

1re série (du 9 au 17 décembre 1879). — Le canon employé est identique à celui que la *Revue* a décrit dans son numéro du 15 juin dernier. La seule modification qu'il ait subi au cours des expériences est le remplacement du grain de lumière.

La pièce était établie dans une sorte de casemate et faisait face à une série de buttes d'épreuves.

La casemate est représentée en plan (fig. 4). La charpente est composée de vieilles lambourdes reliées par des poignées de caisson qui jouent le rôle de clamauds.

La butte d'épreuve comprend 4 chambres rectangulaires de $7^m,30$ de large contenant du sable fin sur une hauteur de $3^m,60$ et une longueur de $19^m,50$. Ces quatre chambres sont séparées par des claires-voies rectangulaires percées de larges baies pour permettre un léger

refoulement du sable de l'une dans l'autre, au moment de l'entrée du projectile. Le sable est retenu verticalement du côté de la batterie par un écran à coulisse que l'on enlève au moment du tir.

On a creusé à 9 mètres de l'entrée une tranchée dans le sable afin de restreindre d'autant les fouilles nécessitées pour la recherche des projectiles.

Les vitesses étaient données par un chronographe Le Boulengé; le premier cadre était placé à 43 mètres de la bouche de la pièce, distance reconnue nécessaire pour que l'ébranlement de l'air ne les détruisît pas avant le projectile.

Les pressions étaient mesurées à l'aide d'appareils à écrasement, placés au fond de l'âme et sur le culot du projectile.

La figure 1 de la planche indique les différentes positions occupées par le projectile, les principaux résultats du tir sont consignés dans le tableau de la page suivante.

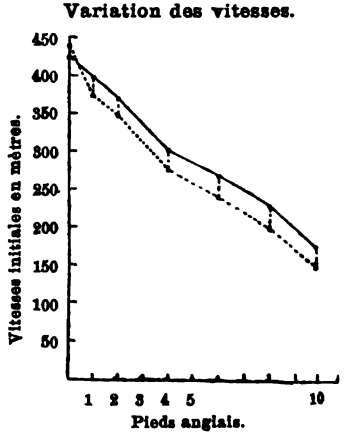
Le trajet des projectiles dans le sable s'est toujours montré très-capricieux.

Les uns s'enfoncèrent de deux mètres dans le banc d'argile sur lequel repose la butte, d'autres vinrent endommager le plafond, d'autres, enfin, furent retrouvés la pointe tournée vers la pièce. Il est juste de remarquer que ce dernier cas s'est surtout présenté dans les tirs à faible vitesse.

A partir du coup n° 7, il avait été nécessaire de tendre un écran en toile à quelques mètres en avant des cadres dans la crainte que le valet ne rompît les fils avant le passage du projectile, ce qui aurait vicié les résultats de l'observation des vitesses. En effet, ce valet, qui était réduit en poudre et brûlé entièrement dans le tir aux grandes vitesses, restait intact lors des derniers coups et aurait pu aller donner contre les cadres.

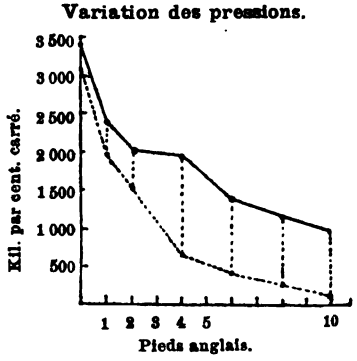
Les deux figures suivantes donnent un tracé indiquant les variations de pression et de vitesse initiale à mesure qu'on éloigne le projectile de la charge.

2e série (16 janvier 1880). — La deuxième série d'expériences a été entreprise afin de satisfaire ceux des adversaires de la Commission de Malte, qui attribuaient l'éclatement à un coincement du projectile. Elle a eu lieu le 16 janvier.



Le valet était placé à une distance de cinq pieds en avant de la pointe de l'obus. On tira deux coups en tout, avec la charge constante de 85 livres de poudre pebble et le projectile ordinaire pesant 593 livres (269 kilog.). Pour le premier coup on inclina le valet à 45 degrés par rapport à l'axe de la pièce, de manière à augmenter les chances de coincement.

Le coup parti, le canon fut trouvé parfaitement intact et on ne constata aucune anomalie dans les pressions ni dans les vitesses. Les appareils indiquèrent en effet 20,7 tonnes par pouce carré au fond de l'âme et 17,6 sur le culot du projectile. La vitesse initiale fut de 1409 pieds (428m,7) par seconde.



Pour le deuxième coup, on plaça le valet sans l'incliner. Les pressions mesurées furent respectivement de 20 et de 15 tonnes par pouce carré et la vitesse initiale de 1422 pieds (432m,7). La pièce était en aussi bon état qu'après le premier coup, mais la casemate où

N° DES COUPS.	LONGUEUR de l'espace libre entre la charge et le projectile (en métr.).	CHARGE DE POUDRE (en kilog.).	PROJECTILE		VITESSE OBSERVÉE à 49 mètres de la bouche.	VITESSE INITIALE calculée.	PRESSIONS EN TONNES				Recul en mètres.	OBSERVATIONS.
							au fond de l'âme.		sur le culot.			
			Espèce.	Poids en kilog. y compris la gas-check.			Par pouce carré.	Par centim. carré.	Par pouce carré.	Par centim. carré.		
1	0	38,505	Ordinaire.	259	»	438,768	20,2	»	»	»	»	
2	0	49,083	Palliser.	316	»	429	21,8	»	»	»	»	
3	0,304	38,505	Ordinaire.	359	»	377,578	12,4	»	»	»	»	
4	0,304	49,083	Palliser.	316	»	399,361	15,2	»	»	»	»	
5	0,6094	38,505	Ordinaire.	259,593	355,584	357,717	9,9	»	»	»	0,944	
6	0,6094	49,083	Palliser.	316,152	369,600	372,648	12,7	»	9,9	»	1,1173	Le valet est projeté sans être détruit.
7	1,218	38,505	Ordinaire.	259,593	284,894	286,722	4,0	»	»	»	0,8126	Echauffement notable de l'appareil d'écrasement situé dans la chambre.
8	1,218	49,083	Palliser.	318,983	305,918	308,661	12,6	»	8,9	»	1,0157	
9	1,892	38,505	Ordinaire.	268,357	235,447	237,666	2,2	»	1,7	»	0,6983	A partir de ce coup le gas-check ne se force plus que très-peu dans les rayures.
10	1,892	49,083	Palliser.	319,682	266,610	266,917	8,9	»	»	»	»	Substitution d'un appareil d'écrasement en plomb à ceux en cuivre employés jusque-là.
11	2,437	38,505	Ordinaire.	268,221	200,492	202,016	1,5	»	»	»	0,6219	
12	2,437	49,083	Palliser.	317,145	226,914	228,743	7,4	»	6,4	»	»	NOTA. L'ordre des deux derniers coups a été interverti à cause de la plus grande pénétration du projectile Palliser, parce qu'il aurait pu détériorer le culot de l'obus ordinaire.
13	3,047	49,083	Palliser.	316,329	177,030	177,835	6,2	»	»	»	0,7364	
14	3,047	38,505	Ordinaire.	269,136	162,405	163,319	0,5	»	»	»	»	

elle était placée avait été tellement ébranlée qu'il était dangereux de sortir par l'embrasure.

Sir William Palliser qui assistait à ces expériences les déclare insuffisantes pour condamner l'hypothèse d'un coincement. A son avis, dans les conditions où la Commission avait fait procéder au tir, le coincement ne se produit qu'une fois sur cinq, on aurait donc dû tirer un bien plus grand nombre de coups, et il conseillait de reprendre à nouveau ces essais sur le coincement, après ceux qu'on devait faire sur un double chargement. Ce vœu ne pourra malheureusement pas se réaliser.

3e série (3 février). — On a, en effet, le 3 février, soumis la pièce à un tir d'épreuve où l'on a réalisé les conditions dans lesquelles, suivant la Commission de Malte, avait dû avoir lieu l'explosion du *Thunderer*. Le résultat de cette épreuve a été l'éclatement du second canon de 38 tonnes, presque au même point et de la même façon que s'était produit l'éclatement du premier.

La butte dans laquelle devaient pénétrer les projectiles avait été rapprochée jusqu'à $1^{m},50$ de l'embrasure.

Le sable y était entassé sur une profondeur de 45 pieds présentant une section verticale carrée de 8 pieds de côté, (15 000 sacs à terre recouvraient la butte).

Le canon était chargé de la manière suivante :

Une charge de 110 livres ($49^{k},8$) de poudre pebble, un projectile Palliser avec gas-check du poids de 688 livres ($311^{k},8$). Un valet en papier mâché, une charge de 85 livres ($38^{k},4$) de poudre, un obus ordinaire avec gas-check pesant 575 livres ($307^{k},6$) et enfin un valet de papier mâché. Le tout fut comprimé le plus vigoureusement possible afin de se rapprocher de l'énergique pression exercée par le refouloir hydraulique. Le feu fut mis par une décharge électrique.

Le bruit produit par l'explosion ne présenta ni renforcement, ni dédoublement, ni aucune particularité pouvant faire croire à une explosion.

La casemate était remplie des débris, de sacs à terre, et ses parois portaient des traces profondes provenant du choc des fragments dispersés, mais sa charpente avait très-bien résisté. La figure 4 donne la disposition des éclats sur le sol.

L'affût avait reculé jusqu'aux tampons de choc et avait buté violemment contre eux (1).

La pièce avait éclaté à peu près au même point que le premier canon du *Thunderer*, mais un peu plus près de la culasse. Une ligne tracée en gros trait noir indique sur la figure 2 la surface de rupture. Une autre ligne en trait pointillé montre de même la surface de rupture du premier canon. Dans ces deux bouches à feu, la pièce de culasse est restée intacte. La différence la plus saillante entre les résultats des deux explosions consiste en ceci : dans la première, le manchon avait été brisé et le mentonnet de la jaquette était resté intact, dans la deuxième le manchon avait entraîné le mentonnet de la jaquette. Ce fait résulte de ce que le manchon et la jaquette étant solidement reliés entre eux, le manchon ne peut être détaché qu'en se rompant ou en enlevant le mentonnet de la jaquette. Dans l'un des deux cas l'épaisseur à briser est *aa'*, dans l'autre *bb'*, ces épaisseurs diffèrent peu et suivant la qualité du métal la rupture peut se faire à l'un ou à l'autre endroit. En somme on a vu souvent des causes identiques d'éclatement donner des résultats bien plus dissemblables.

Mentionnons pourtant une différence signalée par M. Palliser.

Un morceau du manchon se trouve avoir la longueur totale du manchon, or les morceaux du manchon, pro-

(1) On n'a pu avoir aucune indication des vitesses ni des pressions. La crainte des accidents avait obligé de rapprocher la butte et par suite empêché de mesurer les vitesses. Les appareils de pression ayant été gradués pour des pressions que l'on croyait devoir être supérieures à 55 tonnes n'ont pas varié, ce qui montre que cette pression n'a pas été atteinte aux points où ils se trouvaient, c'est-à-dire au fond de l'âme et sur les deux culots.

venant de l'explosion du canon sur le *Thunderer*, sont tous cassés transversalement et on remarque même une concordance dans la rupture de ces morceaux, qui peut faire admettre une série de lignes d'éclatement annulaires. On peut répondre à cela que ce long fragment du manchon présente deux fêlures en *e* et *f* (fig. 7), prouvant que dans l'expérience de Woolwich la rupturé annulaire a été bien près de se produire, et qui sait si parmi les morceaux du manchon tombés à la mer on n'en trouverait pas un ne présentant que des fêlures transversales?

Les figures 5, 6, 8, 9 et 10 représentent des morceaux de la pièce ou des deux projectiles, qui peuvent permettre de reconstituer l'histoire hypothétique de l'éclatement.

La figure 6 montre un morceau du projectile Palliser avec toutes ses ailettes arrachées.

La figure 5 représente un morceau du tube voisin de la bouche dont la partie *a* semble avoir été endommagée par le projectile.

Les figures 8, 9, 10 montrent des morceaux du projectile ordinaire, on voit (fig. 8) le bout d'un long fragment du projectile. La face *g* a été pressée contre le tube du canon de manière à se mouler exactement dans les rayures. La face *h*, à l'intérieur du segment, a été déchirée et pressée par un morceau de métal dont la forme de l'empreinte laisse à penser que c'est la pointe de l'obus Palliser. Les figures 9 et 10 montrent l'intérieur et l'extérieur de fragments semblables, la face montrée figure 9 ayant reçu l'empreinte d'un corps ogival, la face montrée figure 10 ayant été moulée dans les rayures. Le culot du projectile ordinaire a été brisé et les lignes de rupture rayonnent à partir de l'écrou qui servait à fixer le gas-check. Quant au projectile Palliser lui-même, la tête en a été brisée, puis viennent quelques fragments provenant de la partie antérieure du projectile, puis le gros morceau représenté figure 6. Ceci nous apprend : que le projectile

ordinaire a été brisé en son centre, mais non forcé dans les rayures, puisqu'une zone de cet obus a été déchirée et forcée, enfin que le projectile Palliser a été brisé par écrasement jusqu'à son milieu. Dès lors voici ce qui a dû arriver : le projectile Palliser, poussé par la combustion de la charge de derrière, a traversé la charge de devant et sa pointe est venue donner contre le culot du projectile ordinaire comme le montre la figure 11. La charge d'avant fut alors enflammée dans des conditions anormales de pression ; il est permis de penser que cette pression a développé les propriétés brisantes de la poudre, au détriment de ses propriétés propulsives, sinon cette charge de poudre poussée par le projectile Palliser, chassant elle-même par son explosion le projectile ordinaire, l'aurait ainsi soustrait au contact de l'obus Palliser, il est donc probable que la rupture du tube a seule pu empêcher cette propulsion relative de l'obus ordinaire, en donnant issue aux gaz de la charge antérieure.

Ainsi il est acquis que la rupture du tube a accompagné la déflagration de la charge antérieure. Cette rupture a-t-elle été causée par l'explosion de la charge antérieure ou bien a-t-elle été due à une autre cause, les gaz de la poudre n'ayant fait pour ainsi dire que profiter de l'issue qui leur était donnée sous l'influence d'une force indépendante d'eux.

Ici reparaissent les théories du coincement, soutenant que l'explosion de Woolwich est due au forcement opéré par la tête du projectile Palliser entrant dans le culot du projectile ordinaire. Il est à croire au contraire que l'éclatement a précédé le forcement, sans quoi l'arrière du projectile eût été moulé dans le tube. Or, il n'y a que la partie moyenne qui présente cette particularité. Il est donc probable que l'éclatement a eu lieu au moment où le projectile Palliser est arrivé en contact avec le culot du projectile ordinaire ; les débris de ce culot, brisé par le choc, ont pu s'échapper à droite et à gauche, sans se mouler sur

les parois du tube dispersées en cet endroit par l'explosion, les restes des deux projectiles, continuant leur route, ont passé par les parties antérieures du tube non éprouvées par l'explosion et ont subi dans ce passage divers forcements dont leurs fragments ont conservé les empreintes.

Cette explication n'implique en rien que le coincement n'eût pas suffi pour faire éclater la pièce, elle attribue seulement l'éclatement à une cause antérieure (1).

D'ailleurs le comité se propose de faire remonter la pièce en juxtaposant ses fragments, comme l'ont été ceux du canon du *Thunderer*. L'étude de cette pièce reconstruite et les indications que le comité ne manquera pas de recueillir sur le trajet des éclats, pourront jeter une nouvelle lumière sur la discussion. Mais il n'en est pas moins vraisemblablement acquis pour le comité, que les deux explosions des deux canons de 38 tonnes ont eu lieu pour deux causes identiques.

Ajoutons, pour terminer l'énumération des preuves à l'appui de l'opinion de la Commission, que l'ailette retrouvée dans la tourelle d'avant est probablement une ailette Palliser. Ceci repose sur l'étude faite de cette ailette par M. Greenhill, professeur de mathématiques à Woolwich, et de la comparaison de son poids avec les poids des ailettes ordinaires et Palliser. Elle pèse un peu plus qu'une ailette ordinaire. Une telle affirmation, si elle est sûrement fondée, tranche la question de savoir si le canon avait reçu deux obus (2).

De l'ensemble de ces expériences, il résulte plus que jamais une opinion favorable au chargement par la culasse avec lequel de telles méprises sont impossibles, et l'on peut dire que les adversaires du chargement par la bouche

---

(1) Certains industriels ont, paraît-il, l'intention de répéter ces expériences en tirant avec deux obus sans charge intermédiaire. Peut-être un semblable tir aurait-il fait éclater le canon de 38 tonnes, si on l'avait essayé.

(2) On se rappelle que la dernière charge était à obus ordinaires et la précédente à obus Palliser.

en Angleterre viennent de gagner un grand procès. Est-ce à dire qu'un changement radical dans le mode de chargement des canons lourds anglais soit prochain ou même probable ? En ce moment on construit à Woolwich un canon de 43 tonnes se chargeant par la culasse, les pièces principales en sont à peine coulées, le principe seul du mécanisme de culasse est posé (1). Il s'écoulera au moins un an avant que ce canon soit prêt à être essayé. Or, ce sont les essais de ce canon qui doivent servir à l'adoption d'un nouveau matériel. On voit que ce n'est pas avant deux ans que l'on pourra avoir en Angleterre des canons se chargeant par la culasse.

G. Toutée,

Lieutenant d'artillerie.

(1) Ce sera une fermeture à vis.

CUIRASSEMENTS

EN FONTE DURCIE

DE L'USINE GRUSON[1].

(PL. XIII.)

La question des batteries de côte cuirassées en fonte durcie préoccupe vivement les puissances maritimes. L'*Engineer* a présenté, dans une de ses dernières livraisons, une étude assez complète de ce système de défense. La description qu'il fait de ces batteries, et le désir qu'il émet de voir l'Angleterre prendre en considération les armements côtiers de l'étranger, rendent, croyons-nous, l'article de l'*Engineer* assez intéressant, pour qu'il soit porté à la connaissance des lecteurs de la *Revue d'artillerie*.

Les cuirassements en fonte durcie paraissent devoir être fréquemment employés désormais, principalement dans la défense des côtes. Ainsi, l'Allemagne a construit des coupoles et des batteries côtières et fluviales, notamment sur le bas Weser; la Belgique a des batteries dont nous parlerons plus loin, la Hollande a voté les fonds nécessaires pour l'érection de coupoles, le Danemark en fait autant. En Espagne, le génie propose la construction d'une tour Gruson à l'entrée du port de Cadix. En Portugal, on doit protéger de la même manière Lisbonne et l'embouchure du Tage. L'Italie a commandé des casemates en fonte durcie pour les forts des Alpes, enfin, la Russie est sur le point de créer des batteries et des tourelles en fonte durcie, destinées spécialement à défendre les côtes de la mer Noire.

Il est donc fort à désirer que nous connaissions les propriétés des cuirassements que notre flotte doit s'attendre à rencontrer devant elle sur toutes les côtes fortifiées depuis peu.

---

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. III, p. 551; t. V, p. 196; t. VI, p. 469.

Il ne faut pas s'étonner que la cuirasse en fonte durcie, ayant atteint un certain degré d'efficacité, soit adoptée à l'étranger avant d'avoir attiré l'attention en Angleterre. Les cuirasses en fer forgé, employées dans notre système de défense, sont arrivées depuis longtemps à un haut degré de perfection. Après de longues et coûteuses expériences, elles ont été adoptées et appliquées sur une grande échelle. A l'étranger, la fabrication des plaques de blindage laminées est généralement moins bien entendue, et n'est convenablement exécutée que dans peu d'établissements. Il n'y a donc pas lieu d'être surpris si la fonte durcie, qui a fait son apparition il y a six ou sept ans comme métal facile à fabriquer et relativement peu coûteux, doit se trouver en faveur, puisqu'elle présente une efficacité suffisante.

Or, quels sont les titres que l'on fait valoir en faveur de la fonte durcie, et dans quelle mesure sont-ils aujourd'hui établis par l'expérience ?

On allègue que le mode de résistance du fer forgé à un projectile, repose sur un principe vicieux : le métal étant doux et ductile, sa force consiste exclusivement dans sa ténacité ; il en résulte que le projectile, pénétrant dans une matière relativement molle, éprouve une assez grande difficulté à s'y frayer une ouverture qui tend constamment à se refermer sur elle-même. Cette action est toute locale.

Or, on peut faire deux objections à ce mode de résistance :

C'est là, dit-on, un mode de résistance peu satisfaisant, et inférieur à celui de la fonte durcie, qui, au contraire, oppose au projectile la résistance de sa surface, qui ne cède pour ainsi dire pas au choc, mais le transmet dans la masse de métal située autour du point d'impact. De cette façon, le projectile doit, pour produire un effet appréciable, posséder assez de puissance pour briser la plaque entière, sinon, l'effet du coup se disperse dans la masse, comme le coup du marteau dans la masse de l'enclume.

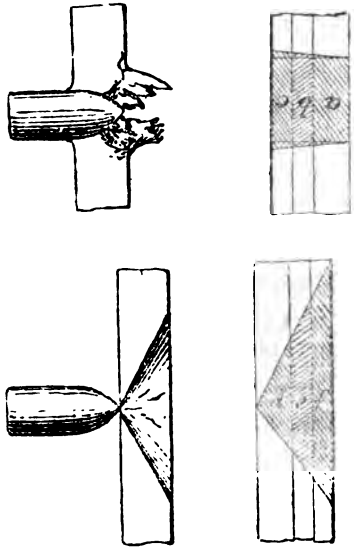
Il en résulte un double avantage : d'abord, les coups relativement faibles n'arrivent pas à endommager la plaque d'une manière sensible ; ensuite, il est inutile d'exagérer l'épaisseur de la plaque, car le fait même de l'augmentation de cette épaisseur produit une augmentation de résistance proportionnellement plus grande dans la cuirasse en fonte durcie que dans celle en fer forgé.

Pour mettre ces propriétés en évidence, supposons que la 1re figure de la page suivante représente la manière dont une plaque en fer forgé se comporte quand elle cède à l'action d'un projectile qui la traverse, et que la 2e représente la transmission à travers une plaque en fonte durcie du choc d'un projectile suffisant pour la détruire. Les portions de la plaque dont l'action entre en jeu pour produire la résistance, peuvent être représentées par les deux figures dans lesquelles on admet comme équivalentes la portion *a* de la plaque en fer forgé et la portion *d* de la plaque en fonte durcie ; des augmentations égales d'épaisseur dans chacune des deux plaques indiquées par *b* et *e*, puis, par *c* et *f*, produisent une augmentation de force beaucoup plus considérable pour la plaque en fonte durcie que pour la plaque en fer forgé. Par contre, il est bien possible que si l'effet produit par un projectile qui ne peut pénétrer, ne s'imprime pas d'une manière visible sur la plaque en fonte durcie comme sur la plaque en fer forgé, il peut cependant s'exercer d'une autre manière sur les molécules métalliques, en commençant leur travail de désagrégation.

Voici les principaux avantages que présentent les plaques Gruson :

On peut leur donner une forme quelconque et en faire varier l'épaisseur à volonté, tandis que, par suite de la difficulté de laminer des plaques d'une forme compliquée, nos tourelles sont cylindriques, l'épaisseur du métal étant uniforme. On peut aisément constituer une masse couvrante pour protéger le toit. La fonte durcie peut se couler facilement en grandes masses ; au contraire, la difficulté de

fabrication du fer forgé augmente rapidement avec l'épaisseur et l'étendue de la plaque. Il en résulte que les cuirasses en fonte durcie peuvent être fabriquées immédiatement avec une forme appropriée à leur destination. Enfin, ce qui n'est pas un médiocre avantage, lorsque la cuirasse supporte le feu de l'artillerie, elle ne donne pas lieu à une pluie de boulons et de rivets qui tombent comme de la mitraille à l'intérieur de la tourelle ; les fragments de métal, désagrégés par suite de l'éclatement, restent généralement en place, parce que les surfaces de séparation ne sont pas planes et parce que les morceaux sont maintenus comme des voussoirs par la forme en voûte de la construction.



Le premier essai comparatif d'une cuirasse Gruson et de deux plaques en fer forgé ne fut pas favorable au nouveau procédé ; pourtant, les officiers prussiens comptèrent dès le principe sur l'expérience pour réaliser des améliorations, et, en 1873, les résultats obtenus assurèrent le succès de la fabrication Gruson.

Deux obus de 517 livres ($234^k,5$) furent tirés par un canon de Krupp de 11 pouces ($0^m,28$) avec une charge de 88 livres ($39^k,9$) contre une plaque dont l'épaisseur maximum était de 28,3 pouces ($0^m,71$) à une distance de 10 yards ($9^m,15$). Les deux obus frappèrent à la même place, et détachèrent de la surface un fragment de quelques centimètres de profondeur. On observa deux légères

fissures partant de l'intérieur. Les obus furent réduits, pour ainsi dire, en poussière.

Le 27 juillet 1874, on commença une série d'expériences qui durèrent jusqu'au 21 août. Le capitaine Grenfell dit, dans son rapport, que dix coups tirés sur une plaque ne purent arriver à la mettre hors de service. On continua le tir, et, bien que la plaque parût, d'après l'examen de sa surface, complétement perdue, il ne se produisit dans le métal aucune dégradation assez importante pour la mettre hors de service.

Le tir donna lieu aux remarques suivantes :

1° Il n'y eut pas une seule pénétration dans la plaque;

2° Bien que la plaque eût été fendue en deux morceaux, on tira un nombre assez considérable d'obus qui ne parurent pas produire le moindre effet;

3° A l'intérieur de la plaque le seul résultat observé fut une fissure.

La figure 1 représente la plaque après le tir. L'obus employé aurait eu une pénétration d'environ 15 $^1/_2$ pouces ($0^m,39$) dans une plaque en fer forgé, pénétration correspondant à un travail de 7 027 pieds-tonnes (2 176 tonnes-mètres). Une plaque de fer forgé de 16 pouces ($0^m,405$) d'épaisseur, bien adossée, aurait probablement résisté au choc d'un seul projectile ; mais il est difficile de savoir comment elle se serait comportée après un tir de dix-neuf coups. On peut dire que, dans le cas dont il s'agit, le bouclier de fonte durcie, de 75 p. 100 plus épais que le bouclier de fer forgé capable de résister au canon de 11 pouces, a pu résister à un tir de dix-neuf coups dirigés sur un espace restreint. M. Gruson ne s'attend pas à trouver toujours entre la fonte durcie et le fer forgé une équivalence pouce par pouce, interprétée comme ci-dessus; mais, dans le cas d'une cuirasse destinée au canon de 100 tonnes, la supériorité de la fonte durcie sur le fer forgé, au fur et à mesure que l'épaisseur dela plaque augmente, permettra

probablement à la fonte durcie de rivaliser avec le fer forgé à égalité d'épaisseur.

A Tegel, en 1874, une tourelle munie d'un bouclier dont l'épaisseur maximum était de 21,65 pouces (0^m,55) résista à 277 coups tirés avec un canon de 15^c, 20 coups avec un canon de 17^c, et 2 avec un canon de 28^c. Ces dernières épreuves établirent définitivement, en Allemagne, la réputation des cuirasses Gruson, et, à ce sujet, les officiers prussiens firent remarquer qu'il avait suffi de trois ou quatre années de travaux, pour amener la fonte durcie au degré de perfection qui la fait justement estimer aujourd'hui, tandis que les expériences sur les plaques en fer forgé ont duré en Angleterre un bien plus grand nombre d'années.

Comme on l'a dit plus haut, le système de cuirassements Gruson a été adopté par la plupart des puissances continentales. Il consiste en un bouclier, d'une fabrication facile, et d'un emploi très-simple, n'ayant besoin ni de revêtements, ni de supports, mais qui doit à sa forme même les qualités de résistance et de stabilité qu'il possède. La fonte doit être de première qualité, exempte de soufre et de phosphore, et constituée par un mélange convenable de fonte grise et de fonte blanche, de manière à combiner la ténacité et la dureté voulues. La teinte de la couche superficielle ne doit pas passer brusquement au gris, ainsi que cela se voit parfois dans des échantillons de fonte de Suède d'une qualité supérieure, mais elle doit se fondre graduellement. Le prix est d'environ 30 livres sterling (750 francs) par tonne. On pense que l'on trouverait cette sorte de métal dans la plupart de nos colonies, où il y aurait lieu d'établir des fortifications de ce genre.

La figure 2 montre la forme générale que l'on donne à la cuirasse Gruson dans une coupole. Celle-ci peut tourner sur elle-même au moyen d'un cabestan placé dans le sous-sol; dans quelques modèles primitifs, la rotation s'obtenait au moyen d'un pivot central, mais ce système a été

abandonné. On a donné la préférence à un système de galets roulant sur un rail circulaire. Chaque tourelle contient en général 2 canons se chargeant par la culasse; les projectiles et les charges sont emmagasinés à l'étage inférieur.

Les batteries sont également organisées de manière à permettre de donner au cuirassement qui les protège la forme avantageuse d'une coupole (fig. 3 et 4). Le toit est assez solide pour résister aux feux verticaux. C'est un résultat considérable qui permettra vraisemblablement d'employer les cuirasses en fonte durcie, surtout sous forme de coupole dans les forts détachés, dont le rôle est d'occuper l'ennemi un certain temps, mais qui doivent éventuellement succomber à une attaque régulière, sans qu'on ait le temps de sauver l'armement et même les défenseurs.

Le lieutenant-colonel Kromhout, du génie hollandais, a fait une étude remarquable sur l'emploi des coupoles pour les forts d'arrêt. Il fait observer que 2 canons, abrités dans des coupoles, peuvent rendre le même service que 6 canons dans un fort, car il est bien rare que 6 canons, pointés dans des directions divergentes, puissent faire feu au même moment; deux coupoles, grâce à la faculté qu'elles ont de pivoter, peuvent, à un instant donné, remplir le même objet, en ayant de plus l'avantage de pouvoir se prêter un appui réciproque. Or, le fait de pouvoir supprimer 4 pièces n'est pas simplement une économie immédiate, mais cela diminue encore d'autant l'importance de la prise qui peut tomber entre les mains de l'ennemi, prise qui comprendrait non-seulement les 4 canons en question, mais aussi les hommes et les munitions nécessaires pour en faire le service. Les positions autour d'Amsterdam, doivent, d'après le colonel Kromhout, être défendues par des coupoles. Il calcule qu'on peut donner au toit une épaisseur suffisante pour résister non-seulement aux pièces de siège employées jusqu'ici pour les feux verticaux, mais

même au mortier Krupp de 21c (8,27 pouces), qui lance un projectile de 198 livres (53k,5) avec une vitesse de 1000 pieds (305m). Il suffirait, pour résister à un tel projectile, en supposant que sa vitesse à l'arrivée soit égale à sa vitesse au départ, de donner au toit une épaisseur de 15 centimètres.

La figure 5 représente une coupole, destinée à recevoir un canon de 28c, actuellement en construction. Des grues servent à soulever les différents segments et à les descendre à leur place ; un alliage de zinc et de plomb coulé ensuite à l'intérieur des joints remplit les vides existants, et donne à l'ensemble de la construction la solidité nécessaire ; dans l'intérieur de la coupole on n'a pas à craindre, comme nous l'avons dit plus haut, les projections de toute sorte auxquelles on est exposé dans une tourelle en fer forgé, et les servants sont complétement garantis, à moins que la coupole tout entière ne vole en éclats.

La figure 6 montre une ligne de coupoles construites pour le gouvernement prussien sur le modèle précédent. Les Allemands ont placé à l'entrée du Weser près du port de Brême, les ouvrages suivants : un fort avec 5 coupoles, contenant chacune un canon de 28c, et une coupole pour 2 canons de 15c ; un fort avec 3 coupoles, contenant chacune 2 canons de 28c, et une coupole pour 2 canons de 15c ; enfin une batterie cuirassée de 9 canons de 21c.

Les figures 7, 8, 9 et 10 montrent en détail la batterie de Sainte-Marie, récemment construite pour la défense d'Anvers, place pour la protection de laquelle on a exécuté de nombreux travaux, chaque fois que l'art de la fortification a fait de nouveaux progrès.

En Belgique, les cuirasses métalliques ont été adoptées dès leur apparition. Il existe à Malines une des premières tourelles tournantes qui aient été construites.

Le général Brialmont, qui est à la tête du corps du génie belge, et dont l'autorité en matière de fortification est universellement reconnue, a préconisé l'emploi des

cuirassements Gruson, quoique le fer forgé eût été assez en faveur auparavant pour être mis en service ; mais les 4 tourelles en fer forgé qui existent au fort Philippe donnent des résultats médiocres.

La nouvelle batterie de Sainte-Marie à Anvers possède un cuirassement Gruson, dont l'épaisseur maximum à l'embrasure est de 70 centimètres, et l'épaisseur minimum de 38 centimètres ; l'épaisseur de la toiture varie de 20 centimètres à 35 centimètres. Les munitions sont emmagasinées sous la casemate. Le poids total de la batterie est de 800 tonnes ; une plaque d'embrasure pèse 35 tonnes, une colonne 25 tonnes, et une plaque de la couverture 21,5 tonnes. Ces plaques étaient envoyées à Anvers par le chemin de fer sur des wagons spéciaux ; une grue tournante servait à les transporter à bord d'un navire qui les amenait au fort par la Schelde ; des grues à vapeur marchant sur des rails les enlevaient et les mettaient en place, comme le montrent les figures 7 et 8. La figure 9 donne une vue extérieure de la ligne d'ouvrages, et la figure 10 en fait voir l'intérieur.

La batterie de Sainte-Marie est un exemple remarquable de l'emploi de masses de fonte considérables ; pourtant, il paraît que, dans quelques cas, on s'est servi de blocs pesant jusqu'à 50 tonnes, mais ces poids ne doivent être admis qu'exceptionnellement ; ainsi, dans les marchés passés entre l'Italie et l'usine Gruson, on a stipulé que le poids maximum ne dépasserait jamais 13 tonnes.

Traduit et résumé par
P. Leroux,
Capitaine d'artillerie.

RENSEIGNEMENTS DIVERS.

Allemagne : Création projetée de quatre inspections de dépôts d'artillerie. — Actuellement, la direction supérieure et la surveillance de l'administration des dépôts d'artillerie en Allemagne sont exercées par les commandants des brigades d'artillerie à pied qui, sous ce rapport, servent d'intermédiaires entre le ministère de la guerre et les différents dépôts.

Jusqu'en 1864, les dépôts d'artillerie ressortissaient, au point de vue administratif, aux inspections d'artillerie de forteresse. A cette époque, les inspecteurs d'artillerie de forteresse, qui étaient au nombre de trois, furent supprimés et leurs attributions dévolues aux commandants des régiments et bataillons indépendants d'artillerie de forteresse. Enfin, en 1874, au moment de l'organisation des brigades d'artillerie à pied, la direction supérieure et la surveillance de l'administration des dépôts d'artillerie passèrent entre les mains des commandants de ces brigades.

D'après la nouvelle suivante, empruntée au *Journal d'Alsace-Lorraine* du 3 février, on aurait l'intention d'enlever aux commandants des brigades d'artillerie à pied toute autorité, au point de vue administratif, sur les dépôts d'artillerie et de revenir à l'organisation antérieure à 1864 :

« Le nouveau budget militaire prévoit quelques modifications dans le haut personnel de l'artillerie, par suite de la création de quatre *inspecteurs des dépôts d'artillerie,* ayant le rang et les droits aux allocations d'un chef de régiment avec 7 800 marcs de traitement; il en résulte une augmentation de 31 200 marcs sur le total du budget. On explique cette innovation par la nécessité de créer quatre inspections de dépôts d'artillerie pour diriger l'administrations des dépôts d'artillerie au lieu et place des brigades

d'artillerie à pied qui en sont actuellement chargées, l'état de choses existant ne pouvant être maintenu sans léser des intérêts importants de l'administration des troupes et sans présenter un danger considérable dans le cas d'une mobilisation.

Jusqu'en 1864, la direction et la surveillance de l'administration des dépôts incombaient à des autorités spéciales (aux trois inspections d'artillerie de forteresse), qui remplissaient parfaitement la tâche qui leur était confiée; mais elles furent supprimées pour faciliter la réorganisation de l'artillerie. Cette modification n'a pas donné de bons résultats, de sorte que l'on se voit obligé de revenir à l'ancienne institution ». (*Revue militaire de l'étranger.*)

Allemagne : Fonderie de Spandau. — La fonderie de Spandau a actuellement des commandes si importantes, que non-seulement on a renforcé le personnel d'ouvriers, mais que la durée journalière de travail a été prolongée; le samedi, on travaille le plus souvent jusqu'au dimanche matin. L'exécution des commandes exigera encore un laps de temps assez considérable; ces commandes ont principalement trait à la fabrication d'un nouveau modèle de canon de 12c et à celle de projectiles.

(*Revue militaire de l'étranger.*)

Allemagne : Essai d'un canon léger de campagne de 7c,5, système Krupp. — Tous les États de l'Europe ont cherché à construire une pièce légère de campagne, et pour obtenir une mobilité plus grande, ils ont dû sacrifier en partie la puissance de cette pièce. L'usine Krupp s'est occupée, dans ces dernières années, d'établir une pièce de 7c,5 qui ne fût inférieure comme puissance à aucun des canons légers de campagne en service chez les divers États européens, et qui, en même temps, eût un poids total beaucoup moindre. C'est cette pièce qui a été expérimentée à Meppen en octobre et novembre 1879. Les principales données relatives à sa construction et

aux munitions qu'elle emploie sont indiquées dans le tableau I.

En ce qui concerne la vitesse initiale et la pression des gaz, les nombres obtenus résultent de la moyenne prise sur 8 coups tirés à la charge de 750 grammes de poudre de campagne à gros grains avec des projectiles de $4^k,3$ Ces projectiles étaient armés de la fusée Krupp. La chambre à poudre avait 172 millimètres de long et 81 millimètres de diamètre ; son volume était de 0,88 décimètres cubes.

La vitesse observée à 25 mètres de la pièce était de 412 mètres, ce qui correspond à 420 mètres de vitesse initiale.

Densité de chargement		0,847
Pression des gaz	atmosph.	1 515
Vitesse initiale	mètres.	420
Force vive totale à l'origine	tonn.-m.	38,7
Force vive par cent. de circ. du projectile		1,64
Force vive par cent. carré de sect. —		0,88
Force vive par kil. du poids du canon		165

Le tableau I présente une comparaison, au point de vue de la construction, entre cette pièce et celles de même calibre qui sont en service en Autriche, en Angleterre et en Italie. On voit que le faible poids de la pièce Krupp permet de l'atteler à 4 chevaux, le poids par cheval étant moindre que pour les autres canons. La voie de la voiture n'est que de $1^m,25$, ce qui lui permet de passer par des chemins étroits. La hauteur des roues est comprise dans les limites adoptées par les autres puissances, ce qui, à ce point de vue, permet une mobilité égale.

On peut reprocher à l'avant-train de ne contenir qu'un petit nombre de coups, mais ce défaut semble largement compensé par les qualités de l'ensemble formé de la pièce et de son affût.

Les tableaux II et III donnent les résultats du tir du canon Krupp.

Tableau I.

DONNÉES PRINCIPALES.		CANON LÉGER de campagne de 7c,5, Krupp.	CANON de campagne de 7c,5, autrichien.	CANON DE 9 LIVRES de l'artillerie à cheval anglaise.	CANON DE 7c,5 italien.
Longueur de l'âme	millim.	1 800	1 950	1 892	1 780
Longueur de la ligne de mire	id.	910	1 000	»	»
Diamètre de l'âme entre les cloisons	id.	75	75	72,2	75
Diamètre de l'âme entre les rayures	id.	77,5	77,5	»	77,6
Nombre des rayures		21	24	3	12
Profondeur des rayures	millim.	1,25	1,25	»	1,3
Largeur des cloisons	id.	2,8	2,8	»	3,6 à 7,1
Largeur des rayures	id.	7	7	»	16 à 12,5
Pas des rayures	calibr.	32	45	30	47,5
Poids de la pièce avec le système de fermeture	kil.	235	299	305	300
Prépondérance à la culasse	id.	35	37	»	18
Poids de l'obus chargé	id.	4,3	4,3	4,11	3,72
Poids du shrapnel chargé	id.	4,36	4,67	4,44	4,2
Poids de la boîte à mitraille	id.	4,2	4,73	4,46	4,11
Poids de la charge	id.	0,75	0,95	0,79	0,55
Vitesse initiale de l'obus	mètres.	420	422	421	400
Poids de l'affût sans la pièce et les armements	kil.	260	464	551	367
Poids de l'affût avec la pièce et les armements	id.	515	766	889	»
Poids de l'avant-train sans munitions et armements	id.	255	442	556	306
Poids de l'avant-train avec munitions et armements	id.	460	787	793	»
Poids de la pièce prête à atteler	id.	975	1 553	1 682	1 247
Longueur du bout du timon à la bouche de la pièce	mètres.	6,00	8,60	»	6,7
Distance des essieux	id.	2,20	2,95	»	»
Voie	id.	1,25	1,53	1,51	1,36
Hauteur des roues	id.	1,31	1,37	1,52	1,26
Poids d'une roue	kil.	43,5	68	104	55
Tournant de la voiture	degrés.	120	90	»	»
Nombre des chevaux		4	6	6	4
Charge par cheval	kil.	244	259	280	312
Angle de tir maximum	degrés.	20	22	21 1/2	19
Angle de tir minimum	id.	8	10	4	7
Hauteur de genouillère	millim.	900	1 085	1 067	1 050
Nombre de boîtes à mitraille portées par l'affût		1	»	4	2
Nombre des projectiles contenus dans les coffres de l'avant-train.	Obus	22	24	24	21
	Shrapnels	12	12	24	20
Boîtes à mitraille placées sur l'avant-train		2	4	»	2
Nombre total des coups marchant avec la pièce		27	40	40	48

DATES.	PROJECTILE.	BALLES en plomb durci.	CHARGE d'éclatement.	NOMBRE de coups.	DISTANCE.	HAUSSE.	GRADUATION de la fusée.	INTERVALLE d'éclatement.	HAUTEUR d'éclatement.	NOMBRE D'ATTEINTES sur la cible 1	2	3	sur les 3 cibles.	NOMBRE des bandes touchées sur la cible 1	2	3	sur les 3 cibles.	OBSERVATIONS.
			kil.		mèt.	div.		mètres.										
21 nov. 1879.	Obus à anneau de 4,3 kilog.	»	0,1	10	1000	28	970 à 1 005m.	+ 30 à — 5.	»	582 21	144 29	57 26	783 76	50	46	35	131	*But* : 3 cibles de 2m,70 de haut, 30 mètres de large, à 20 mètres d'intervalle, divisées en 150 bandes de 0m,60. Épaisseur des cibles, 20mm. Les chiffres imprimés en petits caractères indiquent le nombre des éclats ou des balles qui ont touché les cibles sans les traverser.
							Moyenne.			58,2 2,1	14,4 2,9	5,7 2,6	78,3 7,6					
	Shrapnels en acier forgé de 4k,355.	90 balles de 14mm,1, pesant 15 gr.	0,055	5	1000	28	3,6 à 3,8 secondes.	+ 120 à — 5.	0 à 3	170 12	164 12	115 13	449 37	44	40	39	123	
							Moyenne.			34 2,4	32,8 2,4	23 2,6	89,8 7,4					
	Shrapnels en acier forgé de 4k,355.	90 balles de 14mm,1, pesant 15 gr.	0,055	5	1500	52	30 secondes.	+ 60 à + 20.	0 à 4	335 17	109 9	70 11	514 37	44	38	33	115	
							Moyenne.			67 3,4	21,8 1,8	14 2,3	102,8 7,4					
3 sept. 1879.	Shrapnels en acier forgé de 4k,355.	90 balles de 14mm,1, pesant 15 gr.	0,055	1	2000	83	secondes. 44	120	8	22 1	24 9	24 12	70 22	17	20	15	52	
				1				45	0	27 5	16 4	16 7	59 16	14	10	13	37	
				1				85	4	23 1	25 5	19 11	67 17	20	21	15	56	
				1				90	5	29 1	19 6	20 10	68 17	22	18	14	54	
				1				70	4	25 1	21 5	16 7	62 13	15	14	15	44	
				1		84		80	8	26 4	20 3	20 8	66 15	18	14	18	50	
				1				95	9	13 4	23 6	13 7	49 17	13	18	11	42	
				1				50	5	46 2	24 5	23 10	93 23	20	18	17	55	
				1			45	5	2	103 10	64 8	45 18	212 18	4	15	15	34	
				1		85		15	0	68 11	19 7	9 5	94 23	8	13	6	27	
				1				70	8	20 3	21 4	15 6	56 12	16	17	13	46	
				1		84	44	50	5	46 6	43 13	22 7	111 26	19	25	14	58	
							Moyenne.			37,2 3,8	26,6 6,1	20,1 8,1	83,9 14,3	15,5	16,9	13,8	46,2	

Tir des boîtes à mitraille. Tableau III.

DATE.	PROJECTILE.	BALLES.	NOMBRE DE COUPS	DISTANCES.	HAUSSES.	NOMBRE D'ATTEINTES sur la cible 1	2	3	sur les trois cibles.	NOMBRE DE BANDES TOUCHÉES sur la cible 1	2	3	sur les trois cibles.	OBSERVATIONS.
				mèt.	Divis.									
26 novembre 1879.	Boîte à mitraille pesant 4k,2.	69 balles en zinc pesant 41 grammes.	5	300	30	37 4	35 4	34 10	106 18	26	25	25	76	BUT. 3 cibles de 2m,70 de hauteur, sur 30 mètres de largeur et 20 millimètres d'épaisseur, disposées à 20 mètres d'intervalle. Les chiffres imprimés en petits caractères indiquent le nombre des éclats ou des balles qui ont touché les cibles sans les traverser.
			Moyenne. . .			7,4 0,8	7 0,8	6,8 2	21,2 3,6					
			5	300	40	40	31 6	30 10	101 18	32	25	25	82	
			Moyenne. . .			8	6,2 1,2	6 2	20,2 3,2					
			5	400	50	36 4	25 8	17 13	78 25	25	19	14	58	
			Moyenne. . .			7,2 0,8	5 1,6	3,4 2,6	15,6 5		-	-		
			5	400	40	38 5	33 8	34 11	105 24	28	24	24	76	
			Moyenne. . .			7,6 1	6,6 1,6	6,8 2,2	21 4,8					
			5	500	50	20 4	17 10	6 2	43 16	17 -	16	5	38	
			Moyenne. . .			4 0,8	3,4 2	1,2 0,4	8,6 3,2					
			5	500	60	25 4	11 7	16 10	52 21	18	10	13	41	
			Moyenne. . .			5 0,8	2,2 1,4	3,2 2	10,4 4,2					

Tir de justesse. TABLEAU IV.

CANON.	DISTANCE.	ZONE comprenant 50 p. 0/0 des coups.		
		Portée.	Hauteur.	Direction.
		En mètres.		
De campagne léger, de 7c,5. Krupp.	1 000	»	0,59	0,33
	1 500	»	0,68	1,09
	2 000	»	0,97	0,75
	3 150	17,7	»	3,89
	4 575	41,9	»	5,41
De campagne, de 7c,5. Autrichien (1).	1 000	»	0,57	0,80
	1 500	»	1,00	1,60
	2 000	»	1,80	2,60
	3 000	27,7	»	6,20
	4 500	65,0	»	14,90
De 9 livres. Anglais (2).	1 000	»	»	»
	1 500	34,0	2,74	1,50
	2 000	32,0	4,24	3,30
	3 000	40,0	10,80	5,40
	4 500	»	»	»
De campagne, de 7c,5. Italien (2).	1 000	17,5	0,93	0,87
	1 500	23,6	2,13	1,50
	2 000	29,0	4,05	2,33
	3 000	40,3	10,90	4,80
	4 500	»	»	»

(1) Renseignements tirés de : *Der Feld-Artillerie Oesterreichs, Deutschland u. s. w.*, de Beckerhinn.

(2) Renseignements tirés de : *Ueber die Bewaffnung der Feld-Artillerie*, de Wille.

Le tableau IV compare, au point de vue de la justesse du tir, les 4 canons dont le tableau I donne les principaux éléments. (*Deutsche Heeres-Zeitung.*)

Allemagne : Armement en revolvers. — D'après la *Gazette de Cologne*, un délai de trois ans aurait été fixé pour la fabrication du nouveau revolver allemand et sa distribution aux régiments de grosse cavalerie ainsi qu'aux militaires qui, par leurs fonctions, doivent être munis de cette

arme à feu. Le choix du revolver a été fait au printemps dernier et a porté sur un modèle différant notablement de celui déjà en service dans le XIIe corps (saxon). La fabrication de ces nouveaux revolvers se fait activement à Suhl et à Sömmerda. (*Revue militaire de l'étranger.*)

Angleterre : Nouveau canon pour l'artillerie à cheval essayé à Elswick. — Ce canon a été construit d'après les données fournies par le colonel Boyle, de l'artillerie à cheval. Le but qu'on s'est proposé, en établissant ce projet, c'est d'avoir une pièce ayant une puissance et une efficacité supérieures, ou au moins égales à celles du canon de 9 livres, actuellement en service, tout en réduisant de 20 ou 25 p. 100 le poids total de l'ensemble de la pièce sur affût avec avant-train.

Voici les principales données relatives à cette nouvelle pièce comparée au canon de 9 livres :

	Canon d'Elswick.	Canon de 9 livres.
Poids du canon.	229^{k}	305^{k}
Poids du projectile	3,410	4
Vitesse initiale	457^{m}	424^{m}
Poids de l'affût	381^{k}	600^{k}
Poids de l'avant-train	457^{k}	576^{k}
Poids total de la voiture chargée, mais sans le paquetage des servants.	1 321^{k}	1 727^{k}

La nouvelle pièce est chambrée comme le nouveau canon de campagne de 13 livres mis en essai ; la charge est composée de poudre lente ; l'affût est muni d'un frein.

Voici le résultat des tirs qui ont été exécutés à Elswick avec cette nouvelle pièce.

Tirs de justesse. — On tira dix coups à obus à 1 100 yards (1 006 mètres) contre une cible carrée de 9 pieds (2^{m},74) de côté, sans modifier le pointage de la pièce. Tous les coups atteignirent la cible ; l'écart moyen fut de 0^{m},15 en direction, et de 0^{m},33 en hauteur, ce qui correspond à un écart moyen en portée de 9^{m},144.

Une seconde série de 10 coups à la même distance donna comme écart moyen en direction, $0^m,177$, et en hauteur, $0^m,295$; soit un écart moyen en portée de $7^m,31$.

Efficacité du tir. — Dans ces tirs, on essaya un shrapnel d'un nouveau modèle. Le but, placé toujours à la distance de 1 100 yards (1 006 mètres), était formé de trois rangées de panneaux en bois, hauts de 9 pieds ($2^m,7$) et épais de 2 centimètres. La première rangée avait 42 pieds de long ($12^m,8$), la seconde 54 pieds ($16^m,5$), la troisième 60 pieds ($18^m,3$), elles étaient placées à 20 yards ($18^m,3$) les unes des autres.

Tous les shrapnels étaient munis d'une fusée à temps ; les 4 premiers projectiles que l'on tira éclatèrent en avant de la première rangée respectivement à 20 ($18^m,3$), 30 ($27^m,4$), 35 (32 mètres), et 50 yards ($45^m,7$). On modifia la graduation de la fusée, de façon à diminuer l'intervalle d'éclatement, au cinquième coup le shrapnel éclata à 5 yards ($4^m,6$) en arrière de la première rangée ; le sixième projectile éclata au pied même de la première rangée. Le relevé du tir donna les résultats suivants :

1re rangée,	408	trous d'éclats ou de balles ;		
2e —	510	—	—	
3e —	301	—	—	

Total : 1 219, non compris les empreintes, soit 203 par projectile. Les 408 balles ou éclats qui avaient atteint la première rangée ne provenaient que des 4 premiers coups.

On tira une seconde série de 10 coups dans les mêmes conditions. Tous les shrapnels éclatèrent en avant de la première rangée ; les intervalles d'éclatement furent respectivement de 20 ($18^m,3$), 50 ($45^m,7$), 25 ($22^m,8$), 20 ($18^m,3$), 25 ($22^m,8$), 5 ($4^m,6$), 40 ($36^m,6$), 25 ($22^m,8$), 25 ($22^m,8$), 5 ($4^m,6$) yards.

On obtint les résultats suivants :

1re rangée,	1 216	trous,	34	empreintes;		total :	1 250
2e —	1 355	—	130	—		—	1 485
3e —	788	—	134	—		—	922
Totaux :	3 359		298				3 657

Soit une moyenne de 229 atteintes par shrapnel. Les panneaux étaient partagés en bandes de 9 pouces (23 centimètres) de largeur, toutes avaient été frappées.

(*The Engineer.*)

États-Unis : La question du chargement par la culasse. — On se décide aux États-Unis à expérimenter le chargement par la culasse. Un canon de campagne, en fer forgé, se chargeant par la bouche, a été transformé en canon se chargeant par la culasse, d'après le projet du lieutenant-colonel Crispin. Les expériences de tir exécutées avec cette pièce ayant donné de bons résultats, on a ordonné de constituer une batterie avec des pièces transformées. On aura ainsi tous les éléments pour émettre un avis sur les avantages et les inconvénients de chacun des deux systèmes.

(*Army and Navy Journal.*)

Italie : Éclatement d'un canon de 100 tonnes Armstrong à bord du Duilio. — Le tube d'un des canons Armstrong de 100 tonnes qui arment le *Duilio*, et dont il a été fréquemment question dans la *Revue d'artillerie* (1), s'est fendu longitudinalement pendant un exercice de tir, le 6 mars. Il n'y a pas eu de projection d'éclats, mais la tourelle a été remplie de gaz portés à une haute température. On compte neuf blessés, dont deux officiers et un représentant de la maison Armstrong. Le *Duilio* a repris son tir le 9 mars.

(1) Voir *Revue d'artillerie*, t. VIII, p. 367 et 567 ; t. IX, p. 178, 225 et 465 ; t. XI, p. 193 ; t. XII, p. 182.

NÉCROLOGIE.

LE GÉNÉRAL DE DIVISION MORIN.

Le général de division Morin vient de mourir, le 7 février 1880, à l'âge de 85 ans.

La *Revue d'artillerie* ne peut mieux faire que de reproduire les discours prononcés sur la tombe de cet illustre savant par le général de division de Salignac-Fénelon, membre du Comité de l'artillerie, au nom du Comité, et par M. Tresca, membre de l'Institut et sous-directeur du Conservatoire des arts et métiers, au nom de l'Académie des sciences et du Conservatoire, dont le général Morin avait été pendant 20 ans le directeur.

Voici les paroles prononcées par le général de Salignac-Fénelon :

« Appelé au nom de l'armée, et, en particulier, au nom de l'artillerie, au douloureux devoir de dire ici un suprême adieu à un de nos chefs les plus éminents par le cœur, l'intelligence et le savoir, il me suffit de rappeler à grands traits la vie si activement et si utilement remplie du général Morin, pour faire ressortir toute l'étendue du sacrifice que la Providence nous impose.

« Entré en 1813 à l'École polytechnique, il prit part, en 1814, à la défense de Paris ; il sortit en 1817 lieutenant d'artillerie de l'École d'application de Metz, école où il devait plus tard être professeur lui-même. En 1823, il fit la campagne d'Espagne, et fut cité à l'ordre de l'armée de Catalogne pour sa belle conduite au siège de la Sierra d'Urzel.

« Doué à un très-haut degré de toutes les qualités qui constituent l'officier d'élite, il parcourut, aidé de l'estime méritée de ses chefs et de la franche amitié de ses camarades, tous les échelons de la hiérarchie militaire : chef

d'escadron en 1839, lieutenant-colonel en 1846, colonel en 1849, général de brigade en 1852, général de division en 1855, il fut enfin nommé grand-officier de la Légion d'honneur en 1858.

« Cependant, une longue paix, sagement ménagée, créait à nos officiers des loisirs que l'esprit chercheur du capitaine Morin allait brillamment utiliser; émule des Piobert et des Poncelet, il fit, de 1831 à 1843, des travaux très-remarqués sur les poudres, les vitesses initiales, la résistance des milieux, les moteurs hydrauliques et sur tant d'autres questions intéressant à la fois la mécanique et l'artillerie. Tous ces travaux lui valurent l'insigne distinction d'être reçu, en 1843, membre de l'Académie des sciences, réception qui, nous nous en souvenons, fut saluée alors, par tous les officiers se recrutant à l'École polytechnique, comme un honneur qui rejaillissait indirectement sur eux.

« Depuis près de vingt ans, la limite d'âge avait éloigné le général Morin des rangs de l'armée, mais les liens qui le rattachaient à la grande famille militaire ne s'en trouvaient pas affaiblis, son cœur était resté avec elle; ses conseils affectueux, son appui moral et scientifique et son entier dévouement étaient acquis à chacun de nous; il a, d'ailleurs, fourni la meilleure preuve de son amour pour l'armée en lui donnant son fils, que nous assistons en ce solennel moment.

« A l'existence si largement remplie du soldat, du savant et du père de famille, une belle fin n'a pas manqué : dans la plénitude de ses facultés intellectuelles, il a pu bénir les siens et mourir en chrétien.

« Adieu, mon général, adieu mon maître et mon ami, ta mémoire vivra dans nos cœurs, et l'artillerie honorera toujours le souvenir de ton nom.... Adieu ! »

M. Tresca, membre de l'Institut, sous-directeur du Conservatoire des arts et métiers, a pris ensuite la parole en ces termes :

« MESSIEURS,

« Je viens, tout à la fois, au nom de l'Académie des sciences et au nom du Conservatoire des arts et métiers, remplir, auprès de cette tombe de l'homme de bien que j'ai le plus aimé, la plus douloureuse de toutes les missions.

« Le général Morin, à qui vous êtes venus rendre les derniers devoirs, appartenait à l'Académie des sciences dès l'année 1843, et était six ans après directeur du Conservatoire des arts et métiers. Dans ces deux positions se reflètent les aspirations de sa jeunesse. Sorti de l'École polytechnique en 1815, à une époque un peu indécise quant à sa carrière, il s'était adonné pendant quelque temps à l'industrie des forges, mais il revint bientôt à ses épaulettes d'officier d'artillerie, qui lui permirent, à l'École de Metz, d'exercer heureusement ses aptitudes scientifiques, d'abord comme adjoint de Poncelet, qu'il devait retrouver plus tard à l'Académie avec Piobert, artilleur comme lui, et qui l'avait précédé de quelques années.

« Ces hommes considérables, dont on a pu dire, en d'autres termes, qu'ils étaient trois intelligences sous la même égide, se trouvaient unis dans une active collaboration. Poncelet, le plus illustre des trois et le véritable fondateur de la mécanique appliquée, avait ouvert magistralement la voie. Piobert, plus réservé, mais non moins sûr dans ses conceptions théoriques, avait déjà devancé Prony par l'indication d'une première méthode conduisant à la mesure expérimentale du travail. Morin, le plus jeune des trois, moins exigeant au point de vue de l'analyse mathématique, était en même temps plus essentiellement pratique.

« Continuateur de Coulomb, quel labeur n'a-t-il pas dépensé à la recherche des coefficients numériques relatifs au frottement, au tirage des voitures, au choc des corps mous, à celui des projectiles, à l'effet utile des principaux

récepteurs hydrauliques, coefficients dont l'application est devenue depuis lors, mais seulement depuis lors, et d'après lui, si familière !

« Son dynamomètre et son *Aide-mémoire* ont contribué dans une grande mesure au développement des arts mécaniques en France ; ils répondaient véritablement aux besoins d'une époque à laquelle les vrais principes n'étaient pas encore appliqués dans leur exacte mesure.

« L'*Aide-mémoire* si populaire en France, n'a été traduit ou copié en cinq langues différentes que parce qu'il indiquait pour chaque problème sa solution vraiment pratique. Il se rattachait d'ailleurs étroitement, dans ses éditions successives, aux *Leçons de mécanique générale*, publiées pour la première fois en 1840 et complétées bientôt par les volumes relatifs aux moteurs hydrauliques, aux pompes, aux machines à vapeur, et plus tard à la résistance des matériaux et à la ventilation.

« Un seul mot suffira pour caractériser son mode de travail, toujours basé sur l'observation : il s'agit de savoir si la traction des véhicules varie suivant une loi déterminée ; il invente et construit les appareils de mesure nécessaires, et il reconnaît que le tirage est proportionnel au diamètre des roues ; d'autres disaient à sa racine carrée ; Piobert inclinait, par des considérations théoriques, pour un exposant intermédiaire ; Morin, pour résoudre la question sans conteste, essaye tous les types de roues en usage, et peut clore la discussion en faisant couronner par l'Académie la série tout entière de ses chiffres. Que dis-je, ses chiffres ? il se remet au travail, fatigue les routes qu'il parcourt avec ses interminables convois, pesamment chargés, et va trouver jusque dans le cubage de leurs détériorations, la contre-preuve de ses affirmations premières.

« Les premiers travaux du capitaine Morin lui avaient valu la succession de Poncelet à l'École de Metz ; en 1839, il fut tout étonné d'apprendre que, sans avoir même été

consulté, il n'avait plus qu'à accepter la chaire de mécanique appliquée qui venait d'être créée pour lui au Conservatoire des arts et métiers.

« C'est là surtout que, dans les avis qui lui étaient chaque jour demandés et qu'il donnait avec une extrême bienveillance, il a exercé ce don de première vue qui caractérisait plus spécialement son talent, et qui lui permettait de juger en toute assurance chacune des questions de mécanique qui lui était déférée. Tel nous l'avons vu d'ailleurs à la Société centrale d'agriculture et à la présidence de la Société des ingénieurs civils.

« C'est dans ces conditions favorables que les suffrages de l'Académie des sciences le mirent en possession du fauteuil laissé vacant par Coriolis, celui de nos savants auquel revient l'honneur d'avoir définitivement consacré la notion précise du travail mécanique, que le nouveau titulaire avait si souvent mesuré. C'est ainsi que les anneaux de la science se forment et se juxtaposent, jusqu'à ce que la doctrine soit immuablement fondée.

« Devenu à son tour notre doyen dans la section de mécanique, il aurait dû être accompagné jusqu'ici par son condisciple et ami M. de Saint-Venant, que les fatigues d'un voyage, et peut-être aussi la crainte d'une émotion trop naturelle, ont décidé à se reposer sur nous de ce soin.

« Appelé, à la suite des événements de 1848, à la direction du Conservatoire, le colonel Morin devait y trouver l'occasion de rendre à l'industrie et à la science de nouveaux services en s'occupant successivement des questions variées dont il nous serait impossible de faire ici la seule énumération.

« Nous dirons seulement quelques mots de celle qui l'a plus particulièrement occupé dans ces derniers temps.

« En 1869, le général Morin avait réussi à faire instituer une commission internationale pour l'exécution d'étalons métriques de haute précision. Ce travail, auquel il a

donné les soins les plus assidus et dans lequel il ne pouvait se dispenser d'apporter toutes les exigences de son patriotisme sévère, était entre tous celui qu'il tenait à terminer avant de mourir. Déjà les rangs de nos éminents collaborateurs s'étaient bien éclaircis : Laugier, Delaunay, Mathieu, Le Verrier, quel assemblage de noms illustres ! nous avaient été enlevés avant l'heure. Le général Morin à leur suite, n'a pu qu'entrevoir l'achèvement des dernières opérations. Les mètres qui ont été construits sous son contrôle immédiat sont dès maintenant des monuments de la science française, signés de nos larmes et datés de sa fin.

« Nos confrères de l'Institut aimaient en lui la droiture assurée de ses relations : il prenait souvent la parole dans les discussions avec une allure toute militaire et simple, et je n'ai pas à leur demander s'ils oublieront jamais la verve et l'entrain avec lesquels le général Morin, faisant tout récemment appel à l'esprit scientifique, qu'il est si désirable d'entretenir chez nos officiers des armes spéciales, réclamait patriotiquement une place, devenue vacante parmi nous, en faveur de la géodésie française, qui, suivant l'heureuse expression de notre savant secrétaire perpétuel, venait d'accomplir une action d'éclat. C'est certainement la seule fois que j'aie vue se produire dans un de nos comités secrets de véritables applaudissements.

« Au plus fort de sa maladie, il me disait à cette occasion : « Boussingault a prétendu que j'étais un caractère. » Un caractère, c'était déjà beaucoup à l'âge auquel était arrivé le général Morin ; mais ce qui est plus rare encore, c'est que c'était un caractère dans lequel le cœur n'avait pasvieilli.

« Au nom de tous nos collègues du Conservatoire dont il était le véritable ami, il nous suffira de rappeler les deux dates de 1848 et de 1880 ; l'étude de l'installation des machines en mouvement, qui devaient parler aux yeux

du public le plus avide d'instruction, signale la première de ces dates; l'autre nous montre tous les services en plein fonctionnement et les bâtiments sur la rue Saint-Martin presque terminés.

« Sans doute ce développement est principalement dû à l'intérêt que les pouvoirs publics n'ont cessé de porter à la cause de l'enseignement populaire; mais pour combien aussi doit être compté l'esprit de suite du directeur et la confiance respectueuse que lui avaient vouée la plupart de nos principaux industriels, dont il avait su faire valoir les droits dans toutes nos grandes expositions !

« Pendant son administration, la valeur des collections du Conservatoire s'est élevée de 1 million à 3 millions de francs; elles ont été mises dans un ordre parfait, et c'est à son initiative que l'on est aussi redevable de la création successive de quatre nouveaux cours publics, comprenant les constructions civiles, l'économie de nos manufactures, la filature et le tissage, la teinture, la céramique et la verrerie, qui sont venues compléter, au point de vue de l'enseignement des sciences appliquées, les services rendus par l'institution dans laquelle le dévoué directeur s'était en quelque sorte personnifié.

« Le général était en outre le lien le plus sympathique entre le Conservatoire et les principales écoles techniques, qui ont voulu lui rendre avec nous un dernier hommage : l'École centrale des arts et manufactures, que sa prochaine installation doit bientôt rapprocher de nous, l'Institut national agronomique, qui a pris naissance dans l'établissement même, les écoles d'arts et métiers, qu'il affectionnait d'une façon toute particulière. Leurs représentants se sont souvenus qu'au Conseil supérieur de l'instruction publique, où il a siégé pendant plus de dix ans, à la commission de réorganisation de l'École polytechnique, comme aussi au Conseil supérieur de l'enseignement technique, et partout ailleurs, il avait été le plus ferme champion de

l'introduction plus généralisée des sciences appliquées dans les écoles industrielles de tous les degrés. Depuis 1862, et surtout depuis l'enquête officielle dont il avait été chargé en Allemagne, il n'a cessé de poursuivre, dans cette direction et par tous les moyens en son pouvoir, l'exécution des mesures libérales dont il espérait, depuis quelques mois surtout, la prochaine réalisation.

« Je dois encore citer un trait qui appartient à l'histoire du Conservatoire : c'était en décembre 1851. Les droits de l'un de nos plus éminents confrères avaient été sacrifiés. Le colonel Morin, qui n'était pas encore en possession du prestige de la haute position de ses derniers temps, court chez le ministre, lui affirme et réussit à lui démontrer que sa religion a été surprise, et parvient à faire rapporter le soir même le décret fâcheux qui, déjà transmis au *Moniteur*, n'y a jamais été publié.

« Nous retrouverions dans sa carrière plusieurs autres mouvements d'équité du même ordre, quoique de moindre importance.

« Ce n'est pas ici que nous pourrions songer à trahir le moindre secret de famille; mais il faut cependant que vous sachiez comment le général Morin comprenait, pour son propre compte, les tendresses du foyer domestique. Toute cette année, à l'âge de 84 ans, il réapprenait presque en cachette ses mathématiques élémentaires, qu'il était bien en droit d'avoir un peu négligées; par tous les temps et deux fois par semaine, il allait en faire leçon à son petit-fils, qui se prépare aux examens de l'École de Saint-Cyr. Encore n'avons-nous surpris la vérité qu'au sujet de quelques points sur lesquels le trop bon maître n'était pas assez sûr de lui.

« Voilà, Messieurs, celui que nous avons perdu. Pendant près de 30 ans, il m'a été donné de vivre à côté de lui, de recevoir chaque jour ses conseils et d'admirer l'esprit de sagesse et d'indépendance qui dictait toutes ses déterminations. Ah ! je le connaissais bien, et je ne me laisse

pas entraîner par la reconnaissance lorsque je rappelle que notre excellent général nous a donné l'exemple de toutes les qualités du caractère et de la pratique du devoir accompli.

« Savant, sa carrière a été laborieuse, utile et bien remplie; il y est arrivé au premier rang.

« Soldat, il a su faire son devoir en toutes circonstances, sur le champ de bataille comme dans les conseils; les premiers grades se sont fait attendre sans qu'il s'en plaignît; les plus élevés, au contraire, l'ont pour ainsi dire attendu.

« Administrateur, son passage a été fécond en œuvres sérieuses, et le Conservatoire des arts et métiers, tout seul, suffirait amplement à l'honneur de sa mémoire.

« Sa vie précieuse a été couronnée de ces trois auréoles, auxquelles est venue se joindre celle de l'homme de conscience et de foi sincère, qui a su mettre toujours sa conduite en parfait accord avec ses convictions.

« Nous remercions sa famille d'avoir bien voulu nous permettre d'exprimer devant elle toute notre douleur pendant les déchirements du dernier adieu. »

LE GÉNÉRAL DE BRIGADE GAGNEUR DE PATORNAY.

Le général Gagneur de Patornay (François-Joseph-Frédéric) est décédé à Paris, le 12 février 1880.

Né à Poligny (Jura), le 8 avril 1809, admis à 20 ans à l'École polytechnique, il fut promu au grade de capitaine le 22 juin 1840, et nommé chevalier de la Légion d'honneur le 10 janvier 1841. Il se trouvait alors en Afrique depuis 1836 pour la seconde fois, sa première campagne datant de 1834. Désigné pour remplir les fonctions d'aide de camp auprès de M. le général Lyautey, il revint en France en 1842, fut promu chef d'escadron le 4 décem-

bre 1851, et prit part à la campagne de France. Le 11 juin 1855, le commandant Gagneur de Patornay s'embarqua pour la Crimée; le 16 août suivant, à la bataille de Traktir, blessé grièvement par un boulet qui lui laboura l'avant-bras gauche, il ne put rester plus longtemps à l'armée d'Orient et revint en France le 16 octobre.

Le grade de lieutenant-colonel avait récompensé ses services de guerre le 8 septembre précédent. Officier de la Légion d'honneur le 8 octobre 1857, colonel le 24 décembre 1858, il devint, pendant quatre ans, de 1861 à 1865, commandant en second de l'École polytechnique, et reçut alors la croix de commandeur de la Légion d'honneur en 1862; il prit ensuite le commandement du 10e régiment le 29 décembre 1865, et fut promu général de brigade le 31 juillet 1867.

Le général Gagneur de Patornay prit part, du 19 juillet 1870 au 29 octobre, à la guerre contre l'Allemagne. Fait prisonnier à Metz, il rentra de captivité le 22 mars 1871 et fut placé au cadre de réserve à sa limite d'âge, le 9 avril suivant.

Le général Gagneur de Patornay avait reçu la médaille de la reine d'Angleterre, la croix de chevalier de 2e classe de l'ordre pontifical de Pie IX, celle de chevalier compagnon de l'ordre britannique du Bain, et enfin, celle de 4e classe de l'ordre ottoman du Medjidié.

LE CHEF D'ESCADRON BIOT.

Le commandant Biot (Victor-Ludovic) est mort à Marseille, le 9 février 1880, à peine âgé de 45 ans, au moment où il allait recevoir le grade de lieutenant-colonel et la croix d'officier de la Légion d'honneur.

Neveu de l'illustre membre de l'Académie des sciences, le commandant Biot, naquit à Paris, le 1er juillet 1834. Admis, vingt ans après, à l'École polytechnique, il fit la

campagne d'Italie en qualité de lieutenant en second et fut promu capitaine le 13 août 1863. Trois ans plus tard, en 1866, il reçut la décoration de 5e classe de l'ordre du Medjidié de Turquie ; il était alors adjoint à la capsulerie de guerre. Capitaine en premier en 1868, il prit part à la guerre contre l'Allemagne, et eut le bras droit emporté à la bataille de Gravelotte, le 16 août 1870. Nommé chevalier de la Légion d'honneur, le 5 septembre suivant, il voulut reprendre le commandement de sa batterie dès le 1er octobre. Il était resté six semaines à peine en traitement, et, pendant ce court espace de temps, avait encore trouvé moyen d'apprendre à écrire et à dessiner de la main gauche.

Le commandant Bizot quitta Metz après la capitulation et, malgré son amputation, rejoignit l'armée du Nord. Il fut nommé chef d'escadron le 25 janvier 1871 et classé à l'état-major de l'artillerie. Depuis la guerre, il remplit les fonctions de chef d'escadron au 3e régiment, puis celles de commandant de l'artillerie de l'arrondissement de Marseille.

Sur sa tombe, le colonel Barel, le commandant Fleury-Durif et M. Vallon, ingénieur en chef des mines, ont parlé successivement de la perte et de son deuil les compagnons de toute l'artillerie pour déplorer la mort prématurée du brave commandant Bizot.

Le colonel Barel s'est exprimé en ces termes :

« Messieurs,

« Il y a quelques jours à peine que le commandant Bizot se félicitait de la carrière qu'il avait en son devant lui. Il était heureux de l'estime de ses chefs.

« Il était heureux de ce qu'il avait appelé ses qualités sérieuses qui lui faisaient tout le commandement si important de l'arrondissement de Marseille ; de ce qu'elles avaient bien voulu en le maintenant pour utiliser de si

Légion d'honneur et pour le grade de lieutenant-colonel, se rappeler qu'il avait fait avec zèle, activité et intelligence la campagne d'Italie en 1859, qu'il avait été décoré en 1870 pour sa valeur sur le champ de bataille de Gravelotte, où il avait dû subir l'amputation du bras droit.

« Une bien courte maladie a détruit toutes ses espérances et l'a enlevé à l'affection de tous ceux qui l'avaient connu, mais il laisse dans l'artillerie le souvenir d'un officier intelligent, instruit, aimé de ses camarades, dévoué aux intérêts de ses subordonnés.

« Commandant Biot, au moment de me séparer de vous, je vous remercie de tout ce que vous avez fait pour l'artillerie, de ce que vous avez fait pour le pays.

« Au nom de tous vos camarades, adieu ! »

Le gérant : Ch. Norberg.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME XV.

(OCTOBRE 1879-MARS 1880.)

Première livraison. — Octobre 1879.

Pages.

Historique des études faites à Calais sur les canons rayés de campagne. Troisième partie (*suite*) : *Canons de* 90^{mm} *de Lahitolle, canons du système de Bange* 5

Note sur les propriétés érosives des gaz à haute température et sous de grandes pressions, par M. A. Daubrée, membre de l'Institut. 36

Note sur deux tracés empiriques de la trajectoire dans l'air et sur l'approximation qu'ils comportent, par le commandant Lefèvre (J. B. V.) 48

Note sur un télémètre de campagne, par le capitaine M. Hermite. 82

Renseignements divers. — *Allemagne :* Simulacre de siège de Coblentz. — Cartouches de fulmi-coton comprimé. — Livraisons de canons Krupp à l'étranger. — *Angleterre :* Canon de campagne de 13 livres. — Tir du canon de 80 tonnes. — Réception des canons de 100 tonnes. — Le canon de 10 pouces d'Elswick. — Le nouveau canon de 6 pouces Armstrong. — Le pistolet Tranter. — *Autriche-Hongrie :* Approvisionnements de cartouches. — *Italie :* Canons de 100 tonnes. — *Russie :* Mise à l'étude d'un nouveau canon de montagne démontable. — *Bulgarie :* Organisation de l'artillerie 91

Notices bibliographiques 101

2e livraison. — Novembre.

Historique des études faites à Calais sur les canons rayés de campagne. Troisième partie (*suite*) : *Canons de position de* 95^{mm}. 105

Résistance de l'air, par M. Page, professeur à l'École d'artillerie de Vincennes 128

Pages.

Recherches sur les substances explosives, par le capitaine NOBLE et le professeur ABEL; traduit et résumé de l'anglais par le capitaine P. DOMBRE. 134
L'artillerie de campagne russe en 1877-1878, traduit par le capitaine J. WALTER. 149
Exercices de tir dans les batteries de côte en Hollande. . . . 163
Les canons de 100 tonnes et de 80 tonnes. 171
Renseignements divers. — *Allemagne :* Nouvelles fusées percutantes. — *Hollande :* Perfectionnement du fusil d'infanterie. — *Russie :* Affût Engelhardt. 181

3e livraison. — Décembre.

Transformation des canons Krupp de 8c en service en Espagne, traduit par le capitaine X. DE BOYSSON 193
Méthode suivie à la poudrerie du Bouchet pour les essais et analyses de salpêtres raffinés, par le commandant CASTAN. 201
La question de l'artillerie de côte en Allemagne. 222
L'artillerie de campagne russe en 1877-1878 (*fin*), traduit par le capitaine J. WALTER 229
Les écoles à feu de l'artillerie de campagne en Russie (1879). 249
Le marteau-pilon de 80 tonnes des usines de Saint-Chamond, par le capitaine H. G. BARBIER. 260
Renseignements divers. — Poudrerie du Ripault. — *Allemagne :* Augmentation de l'artillerie de campagne. — Télégraphe souterrain entre Posen et les forts détachés. — Considérations sur le service de sécurité de l'artillerie de campagne. — *Angleterre :* Le canon de 38 tonnes du *Thunderer*. — Traitement de l'acier. — *Autriche-Hongrie :* Réorganisation de l'artillerie technique. — Transformation des armes portatives. — *Hollande :* L'artillerie à cheval. — Les forts Erfprins et du Harrsens dans la position du Helder. — *Perse :* L'artillerie de campagne. — *Russie :* Budget de l'artillerie pour 1880. . 267
Nécrologie. — M. le général de brigade de Blois de la Calande. — M. le colonel Amaudric du Chaffaut. — M. le général de division Vasse Saint-Ouen 285

4e livraison. — Janvier 1880.

L'artillerie italienne, traduit de l'italien par le capitaine V. Ch. MICHEL. 297
Note sur une application de la loi de probabilité du tir, par le capitaine A. PERCIN 341

Pages.

Note sur l'organisation et l'emploi de l'artillerie de siège, par le capitaine WALKEY, R. A.; traduit et résumé de l'anglais par le capitaine P. DOMBRE. 349

Les affûts à embrasure minimum en Allemagne 366

Renseignements divers. — *Allemagne :* Adoption d'une nouvelle cartouche pour les exercices de pointage. — Voie ferrée raccordant les hangars de Spandau avec les chemins de fer de Hambourg et de Lehrte. — Fortifications de Posen. — *Autriche :* Mise en service des fusils Werndl transformés. — *Italie :* Transport du canon de 100 tonnes. — Revêtements. — *Russie :* Nouveau caisson pour l'artillerie à cheval. — Études sur les voitures composant le train des batteries de campagne. — Fortifications de Kovno. 376

Notices bibliographiques. 387

5e livraison. — Février.

Notes sur la construction des bouches à feu, par M. FORNEROD-STADLER, lieutenant-colonel de l'artillerie suisse. 393

Résumé des opérations de l'artillerie allemande pendant le siège de Mézières en 1870, d'après l'ouvrage du lieutenant-colonel VON SPOHR, par le capitaine H. ROSWAG 412

Note sur l'organisation et l'emploi de l'artillerie de siège, par le capitaine WALKEY, R. A.; traduit et résumé de l'anglais par le capitaine P. DOMBRE (*fin*). 428

Recherches sur la résistance des matériaux, par M. JENNY, professeur à l'École supérieure technique de Vienne; traduit et résumé par le lieutenant C. LESER. 442

Progrès de la déphosphoration des fontes et des aciers, d'après les mémoires et comptes rendus des travaux de la SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS 468

Note sur un appareil destiné à tracer des courbes du second degré d'un mouvement continu, par le lieutenant A. UCHARD. 496

Renseignements divers. — *Allemagne :* Suite des essais faits à l'usine Krupp avec le canon de 15c de 28 calibres de longueur. — Canon de montagne de 7c,5 Krupp. — *Angleterre :* Le canon de 38 tonnes du *Thunderer*. — *Autriche :* Réorganisation de l'artillerie de montagne. — *Danemark :* Tir contre des plaques 502

Nécrologie : M. le général de division Fiéreck 517

Notice bibliographique 518

6e livraison. — Mars.

Pages.

Résumé des opérations de l'artillerie allemande pendant le siège de Mézières en 1870, d'après l'ouvrage du lieutenant-colonel VON SPOHR, par le capitaine H. ROSWAG (*fin*). . . . 521

Notes sur la construction des bouches à feu, Par M. FORNEROD-STADLER, lieutenant-colonel de l'artillerie suisse (*fin*). . . . 540

L'artillerie italienne (*suite*) 564

La question du chargement par la culasse en Angleterre et l'éclatement des canons de 38 tonnes, par le lieutenant G. TOUTÉE 589

Cuirassements en fonte durcie de l'usine Gruson, traduit par le capitaine P. LEROUX. 613

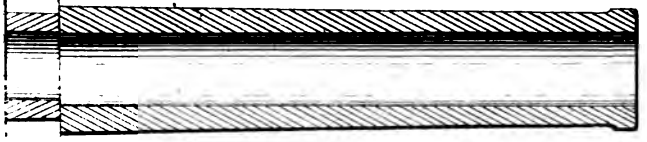
Renseignements divers. — *Allemagne :* Création projetée de quatre inspections de dépôts d'artillerie ; — Fonderie de Spandau ; — Essai à l'usine Krupp d'un canon léger de campagne de 7°,5 ; — Armement en revolvers. — *Angleterre :* Nouveau canon pour l'artillerie à cheval essayé à Elswick. — *États-Unis :* La question du chargement par la culasse. — *Italie :* Éclatement d'un canon de 100 tonnes Armstrong à bord du Duilio 622

Nécrologie : M. le général de division MORIN. — M. le général de brigade GAGNEUR DE PATORNAY.— M. le chef d'escadron BIOT 633

PLANCHES.

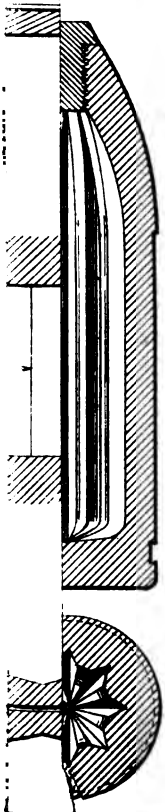
I. Canons de Lahitolle.
II. Canons de Bange.
III. Propriétés érosives des gaz.
IV. Canon de 95mm.
V. Canons de 100 tonnes se chargeant par la culasse.
VI Marteau-pilon de 80 tonnes des usines de Saint-Chamond.
VII. Artillerie italienne.
VIII. Affûts à embrasure minimum.
IX. L'artillerie allemande pendant le siège de Mézières.
X. Résistance des matériaux.
XI. L'artillerie allemande pendant le siège de Mézières.
XII. Éclatement du 2e canon de 38 tonnes du *Thunderer*.
XIII. Cuirassements Gruson.

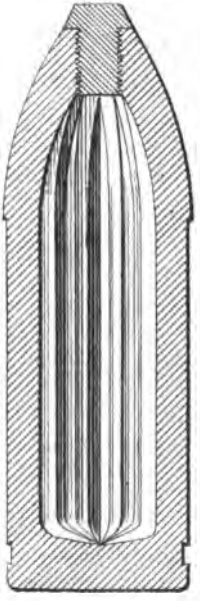
Nancy. — Imp. Berger-Levrault et Cie.



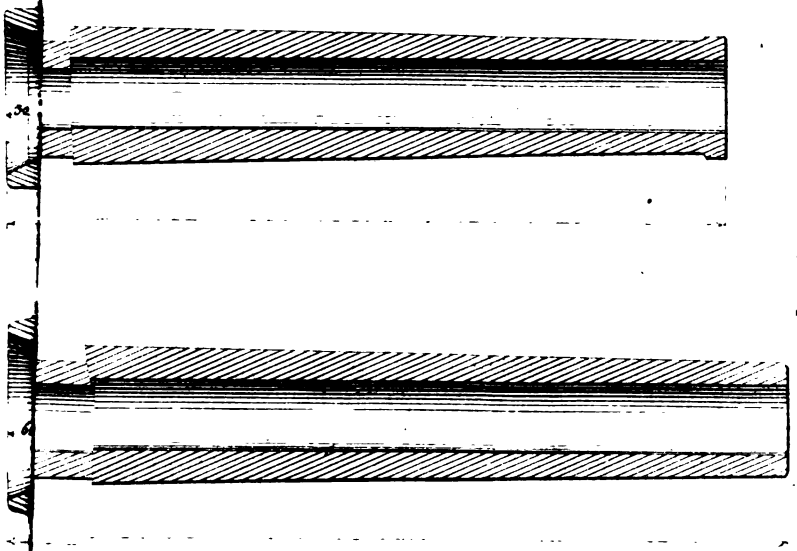
O. (¼).

Fig. 11. (¼).





UNIV. OF MICH.



.0. (¼)

g. 6

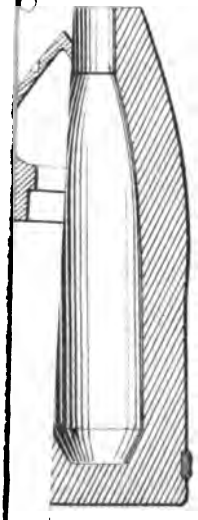
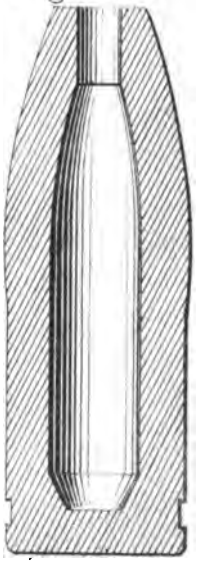


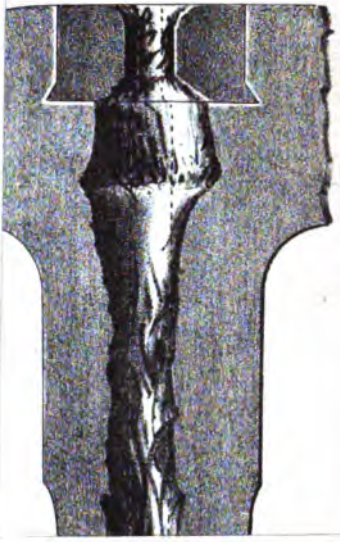
Fig. 11. (¼)



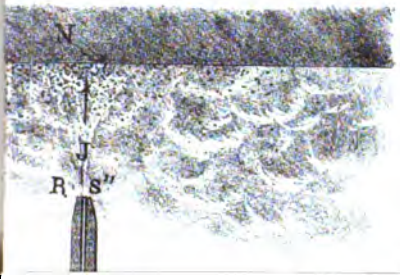
UNIV. OF MIC

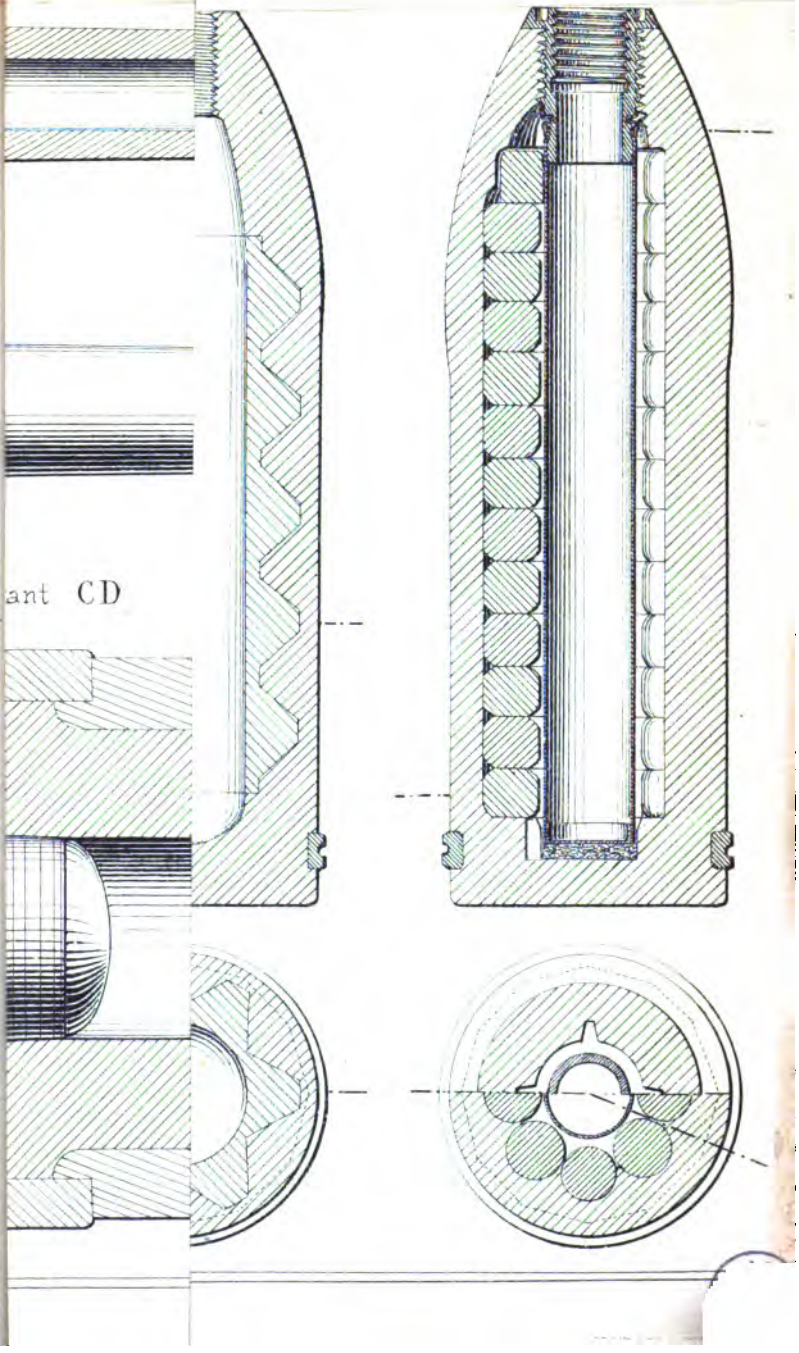
g. 4. (3/2).

Fig. 1. (1/1).



g. 7. (1/4)




ant CD

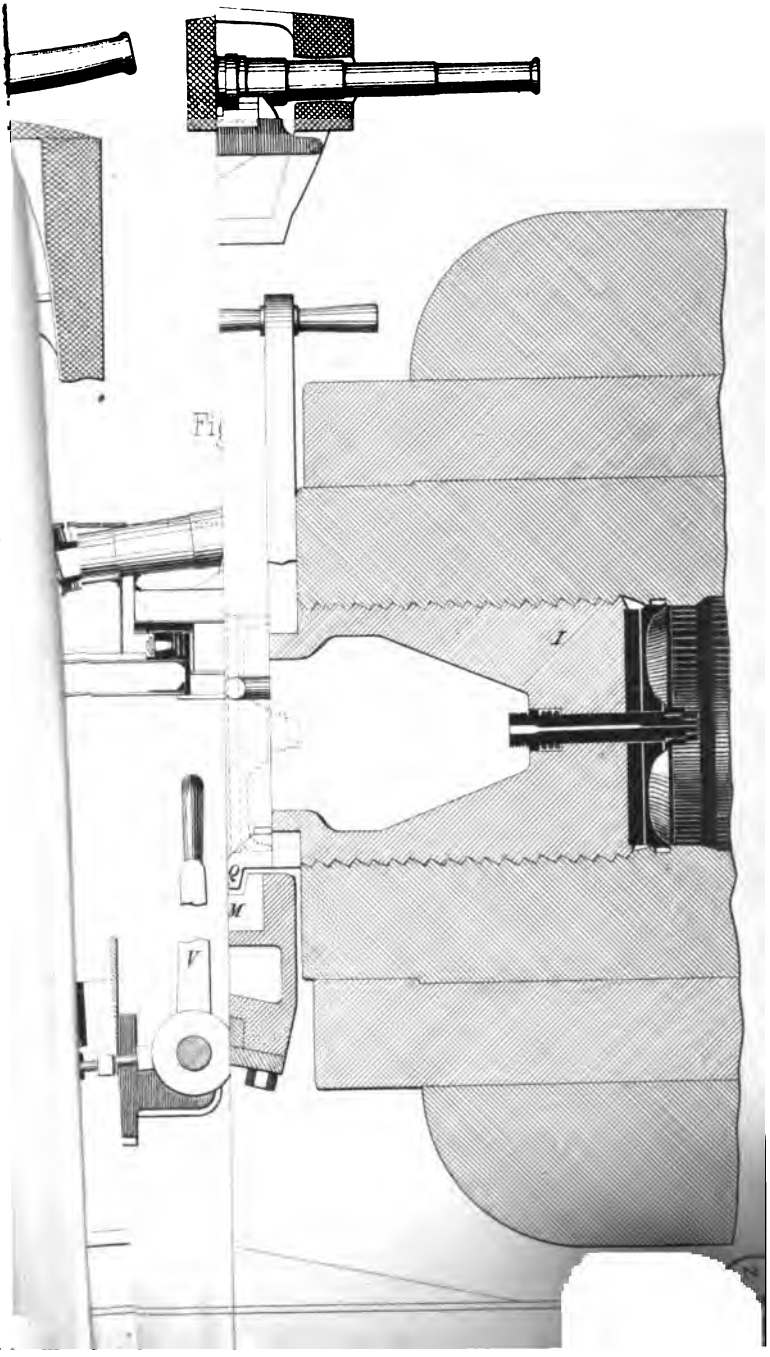
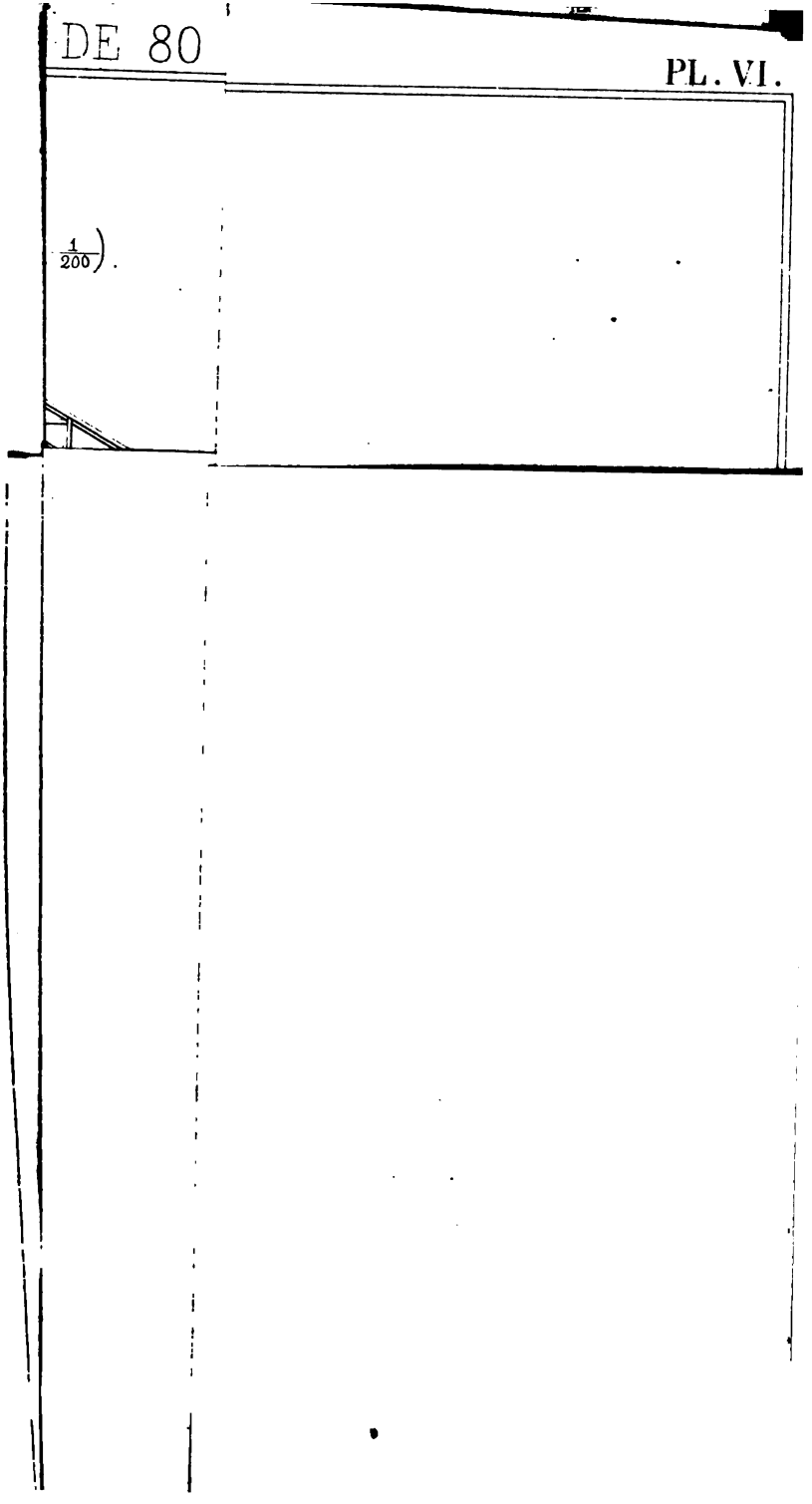


Fig
I
Q
M
V

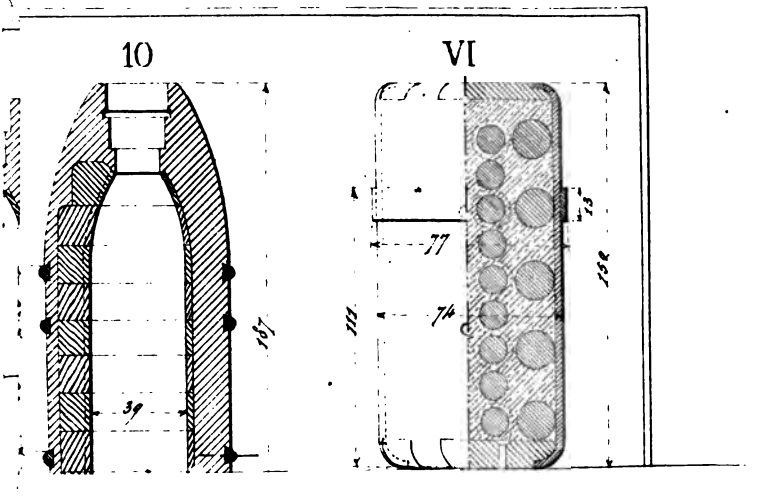
$\frac{1}{200}$).

DE 80

PL. VI.



PL. VII.



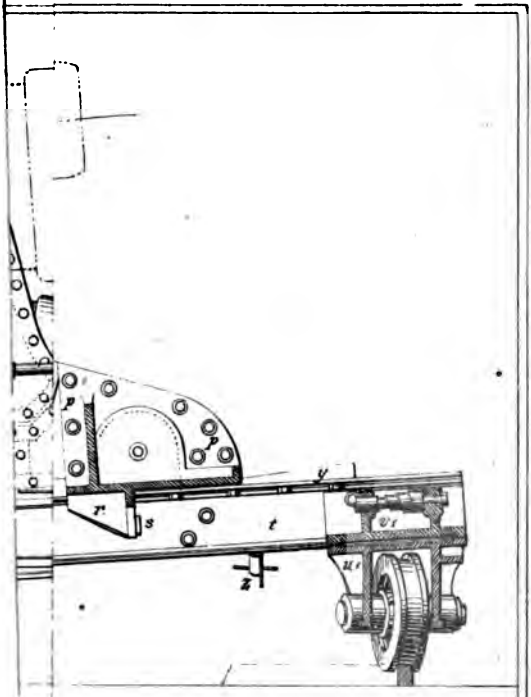
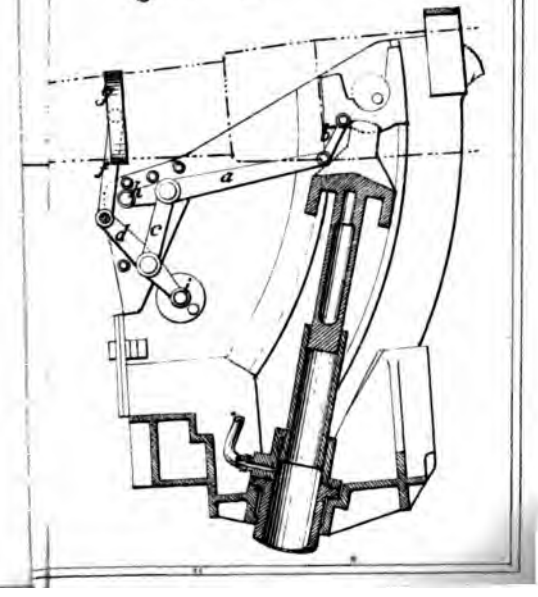
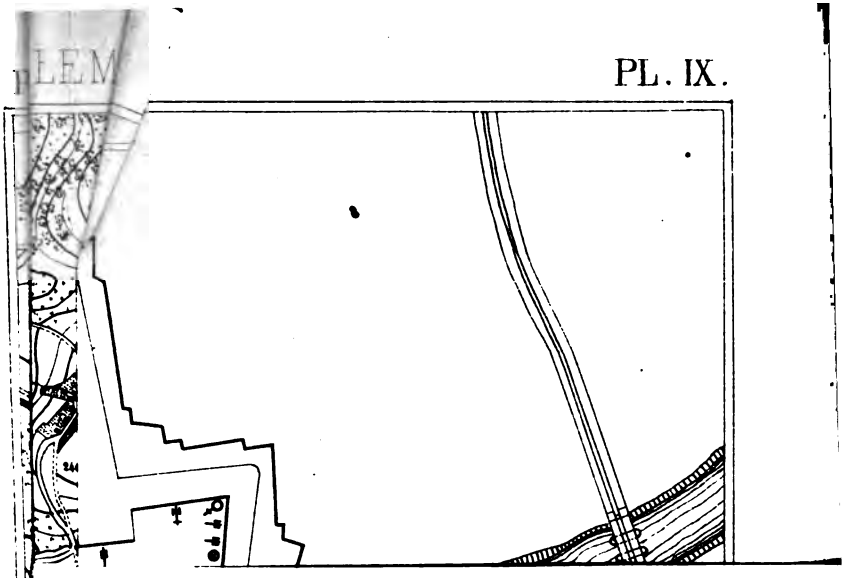


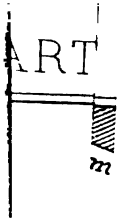
Fig. 8. ($\frac{1}{50}$)



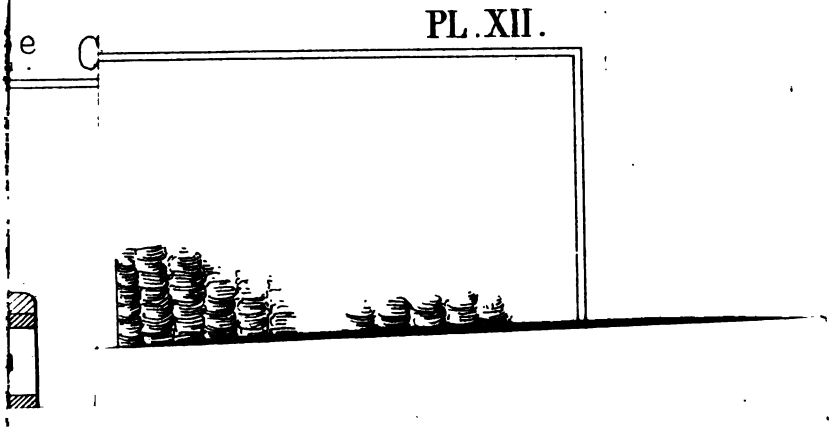
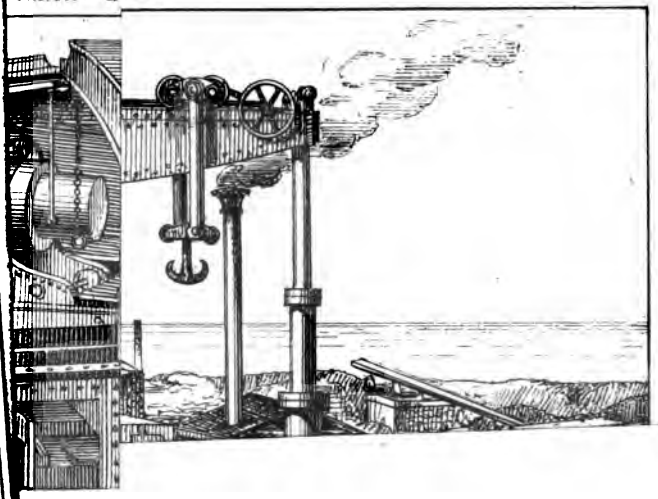
PL. IX.



PL. X.


ART

PL. XII.



canon don.